



TUGAS AKHIR - RG 141536

**EVALUASI HASIL PENGUKURAN ANGIN DAN
ARUS LAUT PADA DATA SENTINEL-1, BMKG,
DAN DATA IN-SITU
STUDI KASUS : PERAIRAN TENGGARA SUMENEP**

**FRISTAMA ABRIANTO
NRP 3512 100 018**

**PEMBIMBING
LALU MUHAMAD JAELANI S.T, M.Sc, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



BACHELOR THESIS - RG 141536

**EVALUATION THE MEASUREMENT OF WIND
AND SEA CURRENT FROM SENTINEL-1,
BMKG, AND IN-SITU DATA
CASE STUDY: SOUTHEAST WATERS SUMENEP**

**FRISTAMA ABRIANTO
NRP 3512 100 018**

**SUPERVISOR
LALU MUHAMAD JAELANI S.T, M.Sc, Ph.D**

**DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

**EVALUASI HASIL PENGUKURAN ANGIN DAN
ARUS LAUT PADA DATA SENTINEL-1, BMKG, DAN
DATA IN-SITU
STUDI KASUS : PERAIRAN TENGGARA SUMENEP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**FRISTAMA ABRIANTO
NRP. 3511 100 018**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

**Lalu Muhamad Jaelani, S.T, M.Sc, Ph.D.
NIP: 1980 1221 200312 1 001**



SURABAYA, JUNI 2016

EVALUASI HASIL PENGUKURAN ANGIN DAN ARUS LAUT PADA DATA SENTINEL-1, BMKG, DAN DATA IN-SITU

STUDI KASUS : PERAIRAN TENGGARA SUMENEP

Nama Mahasiswa : Fristama Abrianto
NRP : 3511 100 018
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani S.T, M.Sc, Ph.D

Abstrak

Arus air laut merupakan pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Pergerakan arus dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, gaya Coriolis dan arus ekman, topografi dasar laut, arus permukaan, upwelling, dan downwelling.

Dengan metode ekstraksi fitur pada Citra SAR, dilakukan penelitian di daerah Perairan Tenggara Sumenep dengan membandingkan hasil pengukuran dari citra satelit SAR Sentinel-1, data model arus laut dari BMKG dan data arus laut secara in-situ. Dari data tersebut dilakukan evaluasi hasil estimasi angin dan arus.

Hasil ekstraksi fitur dari data Citra Sentinel-1 didapatkan hasil rata-rata angin pada 4 Februari 2016 sebesar 1,44 m/s dan arah menuju 292°40'12"; 16 April 2016 sebesar 0,99 m/s dan arah menuju 265°16'12"; dan 25 April 2016 sebesar 3,76 m/s dengan arah menuju 264°25'12". Hasil pemodelan arus pada data citra Sentinel-1 tanggal 4 Februari 2016 memiliki

kecepatan rata-rata 0,18 m/s dan arah $198^{\circ}36'0''$; tanggal 16 April 2016 sebesar 0,08 m/s dengan arah $132^{\circ}22'47,9''$; tanggal 25 April 2016 sebesar 0,95 m/s dengan arah $92^{\circ}3'36''$. Pada evaluasi perbandingan data in-situ dan data BMKG, serta data BMKG dan data Sentinel-1 memiliki nilai yang beragam.

Dari hasil pengukuran angin dan arus laut terdapat perbedaan yang besar pada Citra Sentinel tanggal 25 April karena Citra Sentinel-1 perekaman tanggal 25 April 2016 merupakan citra Single Polarization (VV) dan berbeda dengan citra Sentinel-1 pada tanggal 4 Februari 2016 dan 16 April 2016 yang merupakan citra Dual Polarization. Perbedaan arah pada pemodelan arus pada pengukuran in-situ dengan data BMKG dikarenakan pada saat pengukuran data in-situ dipengaruhi oleh arus pasang saat bulan purnama.

Kata Kunci – Arus Laut, Estimasi Angin, Synthetic Aperture Radar, Sentinel-1

EVALUATION THE MEASUREMENT OF WIND AND SEA CURRENT FROM SENTINEL-1, BMKG, AND IN-SITU DATA

CASE STUDY: SOUTHEAST WATERS SUMENEP

Name : Fristama Abrianto
NRP : 3511 100 018
Department : Geomatics Engineering FTSP-ITS
Supervisors : Lalu Muhamad Jaelani S.T, M.Sc, Ph.D

Abstract

Ocean current are mass movement of water vertically and horizontally toward balance, or movement of water throughout the world's oceans. Current is also a movement of mass flow of water due to wind or differences in density or long wave movement. Current movement was influenced by several things including wind, differences of air pressure, differences of water density, Coriolis force and Ekman currents, seabed topography, surface currents, upwelling and downwelling.

Using feature extraction method in SAR imagery, we conducted research in the of Southeast Waters Sumenep by comparing the results of measurements from satellite imagery Sentinel-1, wind and ocean current models from BMKG, data in-situ. The evaluation of the estimation data was resulted winds and currents.

The result of feature extraction from Sentinel-1 data showed average wind speed 1.44 m/s and direction 292°40'12" on February 4, 2016; average wind speed 0.99 m/s and the direction towards 265°16'12" on April 16, 2016; and average wind speed 3.76 m/s with direction 264°25'12" on April 25, 2016. The results of sea current modeling from Sentinel-1 data had average speed 0.18 m/s with direction 198°36'0" on February 4, 2016; 0.08 m/s with direction 132°22'47,9 " on April 16, 2016; and 0.95 m/s with direction 92°3'36" on April

25, 2016. Evaluation of in-situ data and BMKG data, and also BMKG data and Sentinel-1 data had varies value.

The result of wind and sea current that Ade measured, produced a significant difference in Sentinel-1 imagery on April 25. The difference caused Sentinel-1 imagery on April 25, 2016 was Single Polarization (VV) image, and Sentinel-1 imagery on 4 February 2016 and 16 April 2016 were Dual Polarization image. Difference direction of current modeling of in-situ data with BMKG data caused by in-situ measurement influenced by tidal current during the full moon.

Keywords - Sea currents, wind field estimateion, Synthetic Aperture Radar, Sentinel-1

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Arus Laut	7
2.1.1. Faktor Penyebab Arus Laut	7
2.1.2. Jenis – Jenis Arus Laut	9
2.2. Radar	10
2.2.1. Prinsip SAR	12
2.2.2. Pemrosesan Sinyal SAR dan Bentuk Gambar	12
2.2.3. Pencitraan SAR pada Permukaan Laut	15
2.3. Sentinel-1	15
2.4. Gelombang Laut dan Energinya	19
2.4.1. Pengertian Gelombang Laut	19
2.4.2. Komponen dan Parameter Gelombang Laut	20
2.4.3. Jenis-jenis Gelombang Laut	21
2.4.4. Potensi dan Efek Lingkungan dari Energi Gelombang Laut	22
2.5. SNAP	22
2.6. Penelitian Terdahulu	23

BAB III. METODOLOGI	25
3.1. Lokasi Penelitian	25
3.2. Data dan Peralatan.....	25
3.2.1. Data	25
3.2.2. Peralatan	26
3.3. Metodologi Penelitian	27
3.3.1. Tahapan Penelitian	27
3.3.2. Pengolahan Data.....	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. <i>Pre-Processing</i> (Pra-Pemrosesan).....	35
4.2. <i>Feature Extraction</i> (Ekstraksi Fitur)	37
4.3. Pemodelan Data Arus	42
4.4. Evaluasi Perbandingan Data Angin.....	47
4.5. Evaluasi Perbandingan Data Arus	51
4.6. Peta Pemodelan Estimasi Angin.....	54
4.7. Peta Pemodelan Estimasi Arus	57
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Sistem SAR.....	13
Gambar 2. 2 Ilustrasi Hasil SAR Image Acquisition.....	14
Gambar 2. 3 Citra SAR sebelum (kiri) dan sesudah diolah (kanan)	14
Gambar 2. 4 Sentinel 1 <i>acquisition Plan</i>	16
Gambar 2. 5 Ketersediaan Operasional Produk untuk Masing – Masing Level	18
Gambar 2. 6 Parameter Gelombang Laut Sinus/Kosinus	20
Gambar 2. 7 Jenis-jenis Gelombang Laut	21
Gambar 3. 1 Peta Area Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Contoh Salah satu <i>scene</i> citra Sentinel-1 sekitar Pulau Poteran.....	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir Umum Penelitian.....	27
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengolahan Data.....	30
Gambar 4. 1 Citra Satelit Sentinel-1 hasil <i>Pre-Processing</i>	37
Gambar 4. 2 Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sentinel-1 (a) 4 Februari 2016,.....	39
Gambar 4. 3 <i>Rose diagram</i> Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 4 Februari 2016	45
Gambar 4. 4 <i>Rose diagram</i> Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 16 April 2016.....	46
Gambar 4. 5 <i>Rose diagram</i> Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 25 April 2016.....	46
Gambar 4. 6 <i>Rose diagram</i> Data Angin <i>In-situ</i> dan BMKG	49
Gambar 4. 7 <i>Rose diagram</i> Data Angin BMKG dan Sentinel-1	50
Gambar 4. 8 <i>Rose Diagram</i> Data Arus <i>In-situ</i> dan BMKG.....	53
Gambar 4. 9 <i>Rose Diagram</i> Data Arus BMKG dan Sentinel-1.....	54
Gambar 4. 10 Peta Estimasi Sebaran Angin (a) 4 Februari 2016,	56
Gambar 4. 11 Peta Estimasi Sebaran Arus (a) 4 Februari 2016,	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan antara SAR dan RAR.....	11
Tabel 2. 2 <i>Resolution</i> dan <i>Swath Width</i> Sentinel-1	17
Tabel 4. 1 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 4 Februari 2016.....	39
Tabel 4. 2 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 16 April 2016	39
Tabel 4. 3 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 25 April 2016	40
Tabel 4. 4 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 4 Februari 2016	42
Tabel 4. 5 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 16 April 2016.....	43
Tabel 4. 6 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 25 April 2016.....	44
Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Angin Data <i>In-situ</i> dan Data BMKG	47
Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Angin Data BMKG dan Data Sentinel-1.....	48
Tabel 4. 9 Hasil Perbandingan Angin Data <i>In-situ</i> dan Data Sentinel-1.....	48
Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Arus Data <i>In-situ</i> dan Data BMKG	51
Tabel 4. 11 Hasil Perbandingan Arus Data <i>In-situ</i> dan Data BMKG	51
Tabel 4. 12 Hasil Perbandingan Angin Data <i>In-situ</i> dan Data Sentinel-1.....	52

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara maritim yaitu negara yang memiliki perairan luas. Wilayah Indonesia terbentang sepanjang 3.977 mil di antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Luas daratan Indonesia adalah 1.922.570 km² sementara luas perairannya 3.257.483 km² (Wikipedia, 2015). Dewasa ini arus laut banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yang menunjang kehidupan manusia, akan tetapi penelitian tentang arus laut itu sendiri masih sedikit dilakukan.

Arus air laut merupakan pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia (Hutabarat & Evans, 1986). Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang (Nontji, 1987). Pergerakan arus dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, gaya Coriolis dan arus ekman, topografi dasar laut, arus permukaan, *upwelling*, dan *downwelling*. Arus permukaan terjadi pada beberapa ratus meter dari permukaan, bergerak dengan arah horizontal dan dipengaruhi oleh pola sebaran angin.

Pengaplikasian ilmu tentang arus sangat penting dalam dalam bidang perikanan dan kelautan, khususnya dalam eksplorasi sumber daya laut, marikultur, penangkapan serta pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan laut. Prinsip yang dikembangkan pada aplikasi teknologi pemanfaatan energi arus laut yaitu

melalui konversi tenaga kinetik masa air laut menjadi tenaga listrik. Beberapa negara telah berhasil melakukan instalasi pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi arus dan pasang surut, mulai dari prototype turbin pembangkit hingga mencapai turbin skala komersial dengan kapasitas 1,2 MW/turbin seperti yang dibangun di Skotlandia, Perancis, Norwegia, Inggris, Australia, Italia, Korea Selatan dan Amerika Serikat (Lubis, 2008).

Pada tahun 2006 - 2010 telah dilaksanakan penelitian karakteristik arus laut di berbagai selat di Nusa Tenggara Timur, yaitu di Selat Lombok, Selat Alas, Selat Nusa Penida, Selat Flores, dan Selat Pantar. Prototype turbin pertama telah dibangun secara kemitraan bersama Kelompok Teknik T-Files ITB dan PT Dirgantara Indonesia. Namun dalam pengukuran lapangan tersebut memiliki beberapa kekurangan diantaranya masalah biaya dan waktu data yang diperoleh tidak memiliki resolusi temporal yang baik. Selain masalah tersebut, pengukuran arus secara langsung di lapangan mengandung resiko yang besar mengingat keadaan lautan Indonesia yang tidak menentu.

Pada 3 April 2014, Sentinel-1 mulai mengorbit bumi. Satelit ini merupakan satelit pertama dalam program observasi bumi *Copernicus*. Sentinel-1 bertugas mengamati iklim dan lingkungan (Pötter, 2014). Sentinel-1 pesawat ruang angkasa yang dirancang untuk membawa gelombang C-band. Sentinel-1 akan memberikan kesinambungan data dari misi ERS dan Envisat, dengan peningkatan dalam hal *revisit time* yang mencapai 12 hari dan melewati ekuator dalam 3 hari, cakupan, ketepatan waktu, dan keandalan pelayanan. Sentinel-1 dapat melakukan berbagai hal diantaranya pemantauan zona laut es lingkungan Arktik dan pengawasan lingkungan laut, pemantauan risiko gerak permukaan tanah. Sentinel-1 juga menyediakan

informasi tentang angin dan gelombang yang berguna untuk memahami interaksi antara gelombang dan arus sehingga berpotensi menghasilkan manfaat ekonomi. Selain itu, pengamatan tersebut dapat digunakan untuk melacak jalur dari tumpahan minyak dan polusi lainnya (European Space Agency (ESA), 2015).

Dari kasus tersebut, kami berusaha melakukan penelitian di daerah Perairan Tenggara Sumenep dengan membandingkan akurasi pengukuran dari citra satelit SAR Sentinel-1, data arus laut dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan data arus laut secara pengukuran *in-situ*. Dengan membandingkan hasil pengukuran tersebut diharapkan dapat dilakukan analisa tingkat akurasi dari data citra Sentinel-1 dan data perekaman arus BMKG terhadap data pengukuran langsung lapangan yaitu data *in-situ*. Hal tersebut dimungkinkan bahwa Sentinel-1 dapat melakukan pemantauan arus laut yang teliti karena resolusi mencapai 1 km dan *revisit time* 6 hari untuk dua satelit.

1.2.Rumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan diteliti dan diangkat dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana metode estimasi pengukuran angin dan arus laut di Perairan Tenggara Sumenep dengan menggunakan Sentinel-1?
- b. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran arus dan angin pada Sentinel-1 dan data perekaman arus laut BMKG?

1.3.Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah:

- a. Penelitian dilakukan pada daerah wilayah Selat Madura Tenggara Sumenep.

- b. Penelitian dilakukan dengan membandingkan ketelitian data Satelit Sentinel-1, data pemodelan angin dan arus laut dari BMKG.

1.4.Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung besar angin dan arus permukaan laut di perairan Perairan Tenggara Sumenep, yaitu berupa nilai besaran dan arah dari angin dan arus air permukaan.
- b. Melakukan evaluasi hasil pengukuran angin dan arus laut dari data citra Sentinel-1 tersebut terhadap data-data pembanding yang ada.

1.5.Manfaat

Manfaat yang akan didapat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagi Masyarakat

Adapun manfaat yang nanti dapat diterima oleh masyarakat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah masyarakat dapat mengetahui kondisi perairan di wilayah Tenggara Sumenep, dengan itu masyarakat agar lebih waspada dan bijak dalam penggunaan air untuk wilayah Kabupaten Sumenep dan sekitarnya. Selain itu juga mamajukan ekonomi daerah sekitar Pesisir Sumenep karena dengan mengetahui kondisi air di wilayah tersebut mereka dapat mengembangkan bududaya daerah pesisir ataupun memanfaatkan air untuk kebutuhan tertentu.

- b. Bagi Penulis

Untuk penulis sendiri manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini ialah dapat mengaplikasikan disiplin ilmu dalam bidang Ilmu Geomatika sehingga dapat

menjadi referensi untuk orang lain dalam melakukan penelitian - penelitian selanjutnya.

c. Badan Instansi Terkait

Sebagai acuan dalam bidang pengembangan potensi wilayah dan juga pengembangan potensi sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan wilayahnya. Selain itu juga sebagai acuan dalam melakukan pengembangan teknologi yang ada dan yang telah digunakan pada instansi terkait. Untuk instansi swasta yang berkecimpung di bidang energi kelautan, dapat digunakan sebagai referensi awal dalam melakukan proses *Research and Development* untuk membuat dan memasarkan alat pembangkit listrik tenaga lautan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Arus Laut

Arus air laut merupakan pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia (Hutabarat & Evans, 1986). Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang (Nontji, 1987). Menurut (Gross, 1990), arus merupakan gerakan horizontal atau vertikal dari massa air menuju kestabilan yang terjadi secara terus menerus.

Arus di laut dapat diketahui dengan tiga cara, yakni melakukan pengukuran langsung di laut, melalui pengamatan topografi muka laut dengan satelit, dan model atau peramalan hidrodinamik berdasarkan parameter lain yang terkait seperti suhu, kecepatan angin, dan gelombang permukaan. Pengukuran arus secara *in-situ* dapat dilakukan dengan dua metode, yakni metode *Lagrangian* dan *Euler*. Cara lain mengukur arus *in-situ* adalah dengan metode Euler. Pengukuran arus yang dilakukan pada satu titik tetap pada kurun waktu tertentu. Cara ini biasanya menggunakan alat yang disebut dengan *current meter* (Open University Team, 1989).

2.1.1. Faktor Penyebab Arus Laut

Arus permukaan terjadi pada beberapa ratus meter dari permukaan, bergerak dengan arah horizontal dan dipengaruhi oleh pola sebaran angin. Menurut (Nontji 1987), arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang.

Menurut (Hutabarat dan Evans 1986), selain angin, arus dipengaruhi oleh paling tidak tiga faktor, yaitu:

- a. Bentuk Topografi dasar lautan dan pulau – pulau yang ada di sekitarnya

Beberapa sistem lautan utama di dunia dibatasi oleh massa daratan dari tiga sisi dan pula oleh arus equatorial counter di sisi yang keempat. Batas – batas ini menghasilkan sistem aliran yang hampir tertutup dan cenderung membuat aliran mengarah dalam suatu bentuk bulatan.

- b. Gaya Coriolis dan arus Ekman

Gaya Coriolis memengaruhi aliran massa air, di mana gaya ini akan membelokkan arah mereka dari arah yang lurus. Gaya coriolis juga menyebabkan timbulnya perubahan – perubahan arah arus yang kompleks susunannya yang terjadi sesuai dengan semakin dalamnya kedalaman suatu perairan. Sementara arus Ekman merupakan arus yang dipengaruhi oleh angin.

- c. Perbedaan Densitas serta upwelling dan sinking

Perbedaan densitas menyebabkan timbulnya aliran massa air dari laut yang dalam di daerah kutub selatan dan kutub utara ke arah daerah tropik. Upwelling merupakan sebuah fenomena di mana air laut yang lebih dingin dan bermassa jenis lebih besar dari dasar laut bergerak ke permukaan akibat pergerakan angin di atasnya (Sarhan, et al. 1999). Sementara sinking merupakan fenomena arus laut sebagai akibat dari tiupan angin yang sejajar dengan pantai tetapi arah rata-rata aliran arus laut yang ditimbulkan mengarah ke daratan dan aliran masa air diarahkan kebawah ketika mereka mencapai

garis pantai atau suatu proses yang mengangkut gerakan air yang tenggelam ke arah bawah di perairan pantai (Hutabarat dan Evans 1986).

2.1.2. Jenis – Jenis Arus Laut

Adapun jenis – jenis arus dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu (Hutabarat & Evans, 1986):

- a. Berdasarkan penyebab terjadinya
 - Arus Ekman : Merupakan arus yang dipengaruhi oleh angin.
 - Arus termohaline : Merupakan arus yang dipengaruhi oleh densitas dan gravitasi.
 - Arus pasut : Arus yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Pasang laut menyebabkan perubahan kedalaman perairan dan mengakibatkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang, sehingga perkiraan kejadian pasang sangat diperlukan dalam navigasi pantai.
 - Arus geostropik : Arus yang dipengaruhi oleh gradien tekanan mendatar dan gaya coriolis.
 - *Wind driven current* : Arus yang dipengaruhi oleh pola pergerakan angin dan terjadi pada lapisan permukaan.
- b. Berdasarkan Kedalaman
 - Arus permukaan
Terjadi pada beberapa ratus meter dari permukaan, bergerak dengan arah horizontal dan dipengaruhi oleh pola sebaran angin.
 - Arus dalam
Terjadi jauh di dasar kolom perairan, arah pergerakannya tidak dipengaruhi oleh pola sebaran angin dan membawa massa air dari daerah kutub ke daerah ekuator.

2.2. Radar

Sebuah sistem radar akan menyapu sebuah wilayah secara berkala dengan memancarkan pulsa dari energi gelombang mikro. Pulsa ini dipantulkan oleh wilayah tersebut dan ditangkap kembali oleh sensor penerima yang menjadi satu bagian dengan radar tersebut. Dengan mengukur perbedaan waktu antara gelombang yang dipancarkan dan penerimaan dari energi yang dipantulkan, radar bisa menentukan jarak dari objek yang dipetakan (disebut dengan *slant range* atau *range*). Resolusi *range* adalah kemampuan dari radar untuk membedakan dua objek yang terpisah oleh jarak minimum yang sudah ditentukan. Ketidakmampuan radar untuk memisahkan dua objek membuat radar menerima pantulan yang merupakan kombinasi dari kedua objek tersebut.

Resolusi spasial pada arah atau sumbu *range* bukanlah sebuah *range* (jarak) atau yang tergantung pada panjang gelombang secara langsung, tetapi merupakan sebuah fungsi dari lebar gelombang yang dikalikan dengan kecepatan cahaya dan dibagi 2. Resolusi *range* bisa juga didefinisikan dari nilai resiprokal dalam satuan meter terhadap lebar gelombang yang efektif (*pulse bandwidth* (β)) atau lebar gelombang yang efektif yang sudah terproses (τ) dan dikalikan dengan kecepatan cahaya (c), seperti ditunjukkan dalam (2.1) di bawah ini.

$$\text{Range Resolution (Resolusi Range)} = \left(\frac{c\tau}{2} \right) = \left(\frac{c}{2\beta} \right) \quad (2.1)$$

Pada arah tegak lurus dari *range*, terdapat sebuah sumbu yang biasa disebut azimuth, yang dalam SAR mempunyai kegunaan untuk menambah resolusi dengan metode *aperture synthesis*. Biasanya, radar biasa menggunakan persamaan yang diambil dari dimensi fisik dari *aperture* nya sendiri untuk mengukur seberapa besar resolusi dari radar tersebut, dan sistem tersebut akan membawa masalah besar apabila dibawa ke sistem satelit, karena membutuhkan *aperture* yang sangat besar dan tidak mungkin

diaplikasikan di luar angkasa. Tetapi berkat penemuan dari Carl Wiley, resolusi dari radar ditentukan dari *bandwidth* gelombang Doppler yang ada, bukan melalui lebar dari *aperture* itu sendiri, yang menyebabkan perbedaan antara SAR dan RAR yang dijelaskan secara garis besar di Tabel 2.1.

Dalam sistem SAR, apabila perlakuan untuk membatasi fase bisa dilakukan, sebuah sistem SAR akan mampu menghasilkan gambar yang mempunyai resolusi spasial yang sangat independen terhadap panjang gelombang dan *range* dari wilayah yang akan dipetakan (McCandless Jr & Jackson, 2004).

Peluncuran satelit *Synthetic Aperture Radar* SEASAT pada tahun 1978, membuka peluang tersedianya berbagai informasi tentang fenomena laut seperti gelombang permukaan, gelombang dalam laut, arus, kecepatan angin, curah hujan, serta informasi lainnya yang bermanfaat dalam kegiatan monitoring dan eksplorasi sumber daya laut. SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan sebuah sistem radar yang mengindera secara menyamping dengan mengakumulasi

Tabel 2. 1 Perbedaan antara SAR dan RAR
(Sumber: McCandless Jr & Jackson, 2004)

<i>Spatial Direction</i>	SAR	RAR
<i>Cross-Range (Along Track)</i>	$\frac{\text{Along Track Antenna Length}}{2}$	$\frac{\text{Wavelength} \times \text{Target Range}}{\text{Along Track Antenna Length}}$
<i>Range</i>	$\left(\frac{c}{2\beta}\right)$	$\left(\frac{c}{2\beta}\right)$

data baik secara paralel maupun searah jalur terbangnya dan dapat menghasilkan citra resolusi tinggi serta mempunyai kemampuan melakukan pencitraan baik siang maupun malam dan pada segala cuaca karena tidak terpengaruh oleh kondisi awan. Dari data sinyal yang terekam, selanjutnya diproses untuk menghasilkan citra radar. Jarak yang menyamping tersebut disebut dengan "*range*". Sedangkan yang searah jalur disebut dengan *azimuth*. Beberapa keunggulan lainnya dari

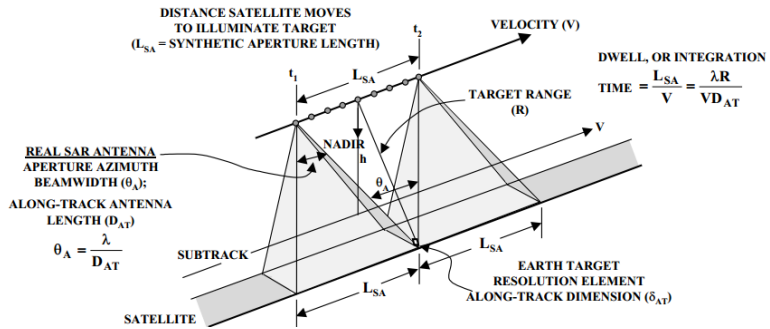
SAR yaitu kontrol terhadap beberapa besaran seperti daya, frekuensi, fase, polarisasi, sudut, resolusi spasial dan lebar petak dimana besaran-besaran tersebut sangat penting untuk mengekstraksi informasi kuantitatif. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2004); (Cutrona, 1980)

2.2.1. Prinsip SAR

Pada prinsipnya, SAR adalah sebuah proses pemancaran gelombang dan penerimaan kembali gelombang tersebut di sebuah wahana. Setiap gelombang berjalan menuju target dan dipantulkan oleh target tersebut lalu ditangkap kembali oleh antena dari radar tersebut. Hal ini bisa terjadi karena kecepatan dari gelombang tersebut mencapai kecepatan cahaya, sehingga dapat kembali ke penerima sebelum berpindah tempat. Sistem dari SAR menyimpan bagaimana histori dari fase respon setiap penerimaan sinyal kembali dan pemrosesan citra SAR adalah proses *weighting, shifting, and summing* dari setiap fokus yang nantinya menghasilkan sebuah gambar yang terdiri dari respon total yang didapat di tempat tersebut (McCandless Jr & Jackson, 2004). Diagram dari sistem SAR ditampilkan pada Gambar 2.1.

2.2.2. Pemrosesan Sinyal SAR dan Bentuk Gambar

Dalam pemrosesan sinyal SAR ada beberapa operasi yang harus dilakukan untuk mengkonversi data mentah menuju data yang bisa diinterpretasi. Data mentah SAR bukanlah gambar karena titik-titiknya tersebar sesuai dengan *range* dan dimensi

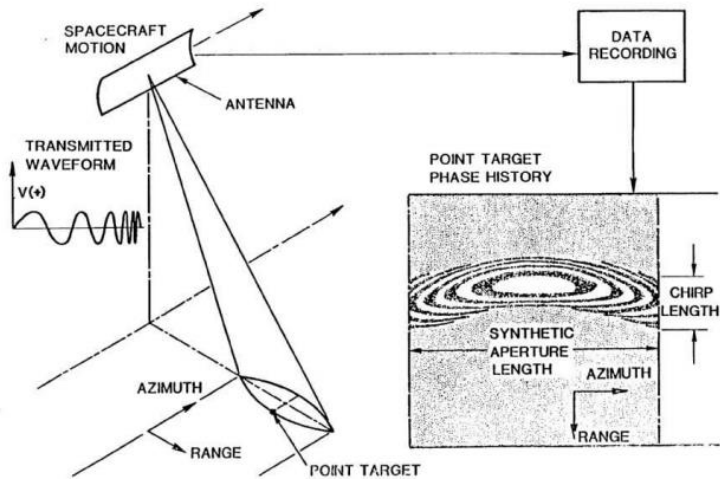


Gambar 2. 1 Diagram Sistem SAR
(Sumber: McCandless Jr dan Jackson, 2004)

dari *azimuth*. Pemrosesan sinyal SAR berguna untuk melakukan kompresi terhadap data mentah ini dan menghasilkan gambar atau citra yang bisa diinterpretasi dan bisa dilihat secara visual seperti kenampakan bumi.

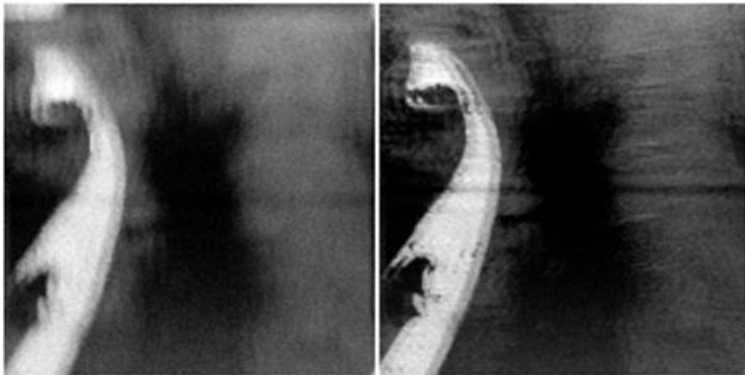
Salah satu teknik atau metode dalam perhitungan dan pembentukan citra SAR adalah menggunakan *Fourier Transform Analysis*, yang merubah citra menjadi sebuah gambar atau grafik yang mempunyai domain frekuensi, lokasi dan amplitudo dari tangkapan sinyal.

Secara garis besar, pembentukan citra SAR membutuhkan banyak proses dan komputasi, termasuk pemrosesan sinyal secara intensif dan membutuhkan kemampuan komputer yang sangat cepat, mencapai 108 operasi kompleks yang harus diselesaikan dalam satu detik. Hanya saja kebutuhan akan super komputer ini menghasilkan sebuah gambar dengan resolusi tinggi dengan antenna dan *receiver* yang kecil, sehingga membuat SAR sangat menarik dan bagus untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang dan wahana, baik satelit



Gambar 2. 2 Ilustrasi Hasil SAR Image Acquisition
(Sumber: McCandless Jr dan Jackson, 2004)

maupun pesawat terbang (McCandless Jr & Jackson, 2004). Berikut ini adalah ilustrasi dari pemrosesan citra SAR dan sistematikanya yang ditunjukkan pada gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2. 3 Citra SAR sebelum (kiri) dan sesudah diolah (kanan)
(Sumber: McCandless Jr dan Jackson, 2004)

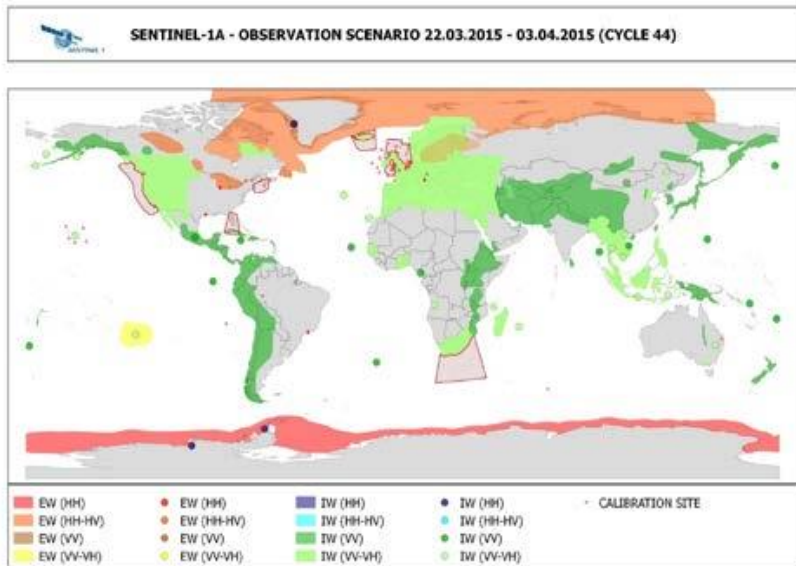
2.2.3. Pencitraan SAR pada Permukaan Laut

Sebuah sistem SAR sangat bergantung pada pengukuran akurat di fase dan *Doppler Effect*, dimana melalui pemrosesan sinyal memungkinkan aperture dari sistem tersebut untuk di-sintesis sehingga mendapatkan resolusi yang baik dalam sumbu azimuth.

Interaksi dari gelombang SAR dan permukaan laut sangat kompleks, bergantung pada penjang gelombang, polarisasi, geometri, kondisi lingkungan dan atribut kelistrikan dari permukaan lautan tersebut. Secara garis besar, energi dari SAR di acak secara tersebar oleh kehadiran sebuah gelombang laut kecil yang disebut *Bragg Waves*. Efek lain di permukaan laut adalah pergerakan dari Doppler atau disebut *Doppler shift* yang membuat pemrosesan dari estimasi tinggi gelombang dan fase gelombang harus melewati tahap *velocity bunching*. (McCandless Jr & Jackson, 2004)

2.3. Sentinel-1

Dalam misi Sentinel-1 meluncurkan EO-satellites yaitu SENTINEL-1A dan SENTINEL-1B yang memiliki lintasan orbit yang sama. Sentinel-1A telah diluncurkan pada 3 April 2014 dan baru-baru ini meninggalkan *commissioning phase* dan melewati masa operasionalnya. Dengan C-Band *Synthetic Aperture Radar Sensor* (Frekuensi 5,405 GHz) Sentinel-1A memperoleh data radar resolusi tinggi dari *sun-synchronous, near-polar, circular orbit* pada ketinggian 693 km. Jika kemampuan *downlink* cukup tersedia, Sentinel-1 memperoleh data yang SAR hampir terus-menerus.



Gambar 2. 4 Sentinel 1 *acquisition Plan*
(European Space Agency (ESA), 2013)

Sentinel-1 merupakan instrumen C-SAR mendukung operasi dual polarisasi (HH + HV, VV + VH) dilaksanakan melalui suatu *transmit chain* (*switchable* untuk H atau V) dan dua paralel *receive chains* untuk polarisasi H dan V. Data polarisasi ganda berguna untuk aplikasi klasifikasi tutupan lahan dan laut es.

Sentinel-1 memiliki cepat metode akuisisi data yaitu Stripmap (SM), Interferometric Wide swath (IW), Extra-Wide swath (EW), dan Wave mode (WV). Metode akuisisi tersebut memiliki resolusi dan lebar sapuan berbeda-beda seperti dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 *Resolution dan Swath Width Sentinel-1*
(European Space Agency (ESA), 2013)

<i>Mode</i>	<i>Incidence Angle</i>	<i>Resolution</i>	<i>Swath Width</i>	<i>Polarization</i> (<i>H = Horizontal</i> <i>V = Vertical</i>)
<i>Stripmap</i>	20 - 45	5 x 5 m	80 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
<i>Interferometric Wide swath</i>	29 - 46	5 x 20 m	250 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
<i>Extra Wide swath</i>	19 - 47	20 x 40 m	400 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
<i>Wave</i>	22 - 35 35 - 38	5 x 5 m	20 x 20 km	HH, VV

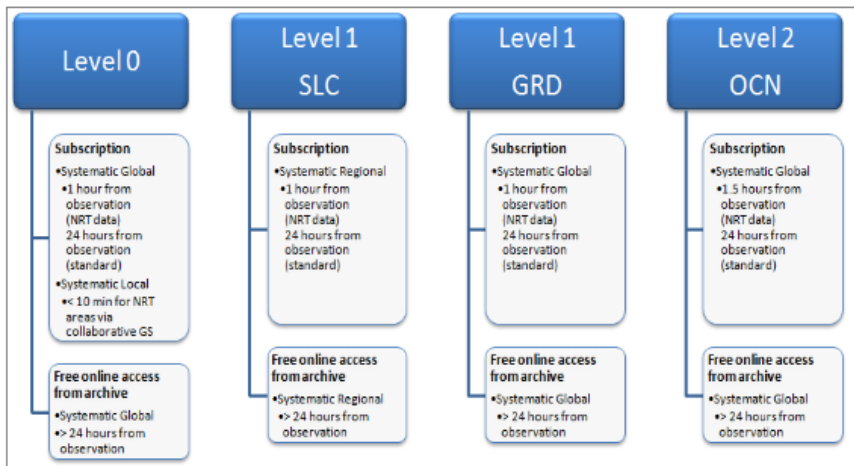
Semua data produk yang didistribusikan berupa format SENTINEL *Standard Archive Format for Europe* (SAFE). Produk yang dihasilkan berupa SAR Level-0, Level-1 SLC, Level-1 GRD, dan Level-2 OCN. Produk SAR Level-0 terdiri dari *Flexible Dynamic Block Adaptive Quantization* (FDBAQ) yang merupakan SAR *raw data*. Untuk menggunakan data tersebut perlu melakukan *decompressed* dan *processed* dengan software tertentu. Level-1 terdiri dari data produk *Single Look Complex* (SLC) dan *Ground Range Detected* (GRD). Produk *Single Look Complex* (SLC) yang merupakan data SAR *geo-referenced* menggunakan data orbit dan *attitude* dari satelit dan nilai *zero-Doppler slant-range geometry*. *Ground Range Detected* (GRD) yang merupakan data SAR yang telah dikalibrasi *multi-looked* dan proyeksi terhadap *ground range* menggunakan model ellipsoid Bumi. Level-2 OCN terdiri dari komponen *Ocean Swell spectra* (OSW, *Ocean Wind Fields* (OWI), dan *Surface Radial Velocities* (RVL).

Produk Level-2 OCN memiliki komponen *Ocean Swell spectra* (OSW) yang memberikan kontinuitas dengan ERS dan ASAR WV dan dua komponen baru: *Ocean Wind Fields* (OWI) dan *Surface Radial Velocities* (RVL).

OSW merupakan spektrum gelombang permukaan laut dua dimensi dan termasuk perkiraan kecepatan dan arah angin per spektrum. OSW dihasilkan dari mode Stripmap dan Wave

saja. Untuk mode Stripmap, ada beberapa spektrum yang berasal dari internal Level-1 citra SLC. Untuk mode Wave, ada satu spektrum per sketsa.

OWI adalah perkiraan kecepatan dan arah angin permukaan pada 10 m di atas permukaan yang berasal dari internal Level-1 GRD dari mode SM, IW atau EW.



Gambar 2. 5 Ketersediaan Operasional Produk untuk Masing – Masing Level (European Space Agency (ESA), 2013)

Beberapa misi yang sukses dilakukan oleh Sentinel-1 diantaranya :

- Pemantauan Tanah hutan, air, tanah dan pertanian
- Dukungan pemetaan Darurat dalam hal bencana alam
- Pemantauan Kelautan lingkungan maritim
- Pengamatan Laut es dan pemantauan gunung es
- Produksi grafik es resolusi tinggi
- Kondisi Peramalan es di laut
- Tumpahan minyak Pemetaan
- Deteksi kapal Sea

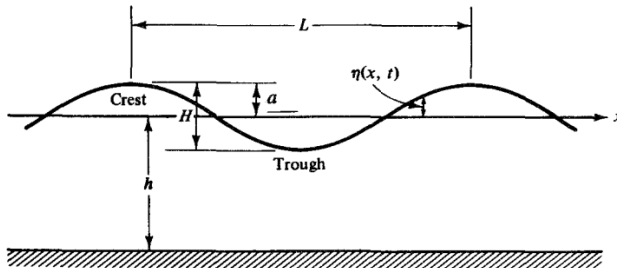
2.4. Gelombang Laut dan Energinya

2.4.1. Pengertian Gelombang Laut

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Gelombang laut dibentuk oleh adanya transfer energi dari udara ke massa air. Angin merupakan pengaruh utama terjadinya gelombang. Angin yang lebih kuat mengakibatkan gelombang yang lebih besar (Rohman 2012). Gelombang laut merupakan sebuah sumber energi yang ditransfer dari angin menuju lautan. Seiring dengan berhembusnya angin di lautan, interaksi air- udara di lautan tersebut mengakibatkan terbentuknya gelombang, dimana menyimpan energi dalam bentuk energi potensial dalam bentuk massa air yang bergerak dihitung dari permukaan air laut dan energi kinetik dalam bentuk gerakan dari partikel air (Lewis 2011). Gelombang merupakan manifestasi dari gaya yang bekerja pada fluida yang cenderung merubah bentuk dari fluida itu sendiri yang berlawanan terhadap aksi dari gravitasi dan regangan permukaan fluida tersebut, yang bersama- sama menjaga tingkat permukaan dari sebuah fluida. Sehingga, dalam memunculkan sebuah gelombang membutuhkan semacam gaya, seperti contoh adalah badai atau angin ataupun batu yang jatuh di air. Setelah gaya tersebut tercipta dan bekerja di sebuah permukaan fluida, maka gaya gravitasi dan regangan permukaan pun menjadi aktif dan memungkinkan gelombang tersebut untuk bergerak (*propagate*), seperti pada senar gitar. (Dean and Dalrymple 1984)

2.4.2. Komponen dan Parameter Gelombang Laut

Secara garis besar, gelombang laut harus kita anggap sebagai undulasi atau beda tinggi yang terjadi di permukaan laut atau danau. Biasanya berbentuk daerah yang membentuk sebuah formasi dari tengah laut dan mengarah menuju tepi pantai dimana mereka akan terbelah atau terpantul seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Parameter Gelombang Laut Sinus/Kosinus
(Sumber: Dean dan Dalrymple, 1984)

Dengan mengasumsikan bahwa gelombang laut adalah gelombang kosinus, terdapat beberapa parameter dan variable yang bisa kita gunakan dan identifikasi, yaitu:

a. Tinggi Gelombang (H) dan Amplitudo (A)

Tinggi vertical dari punggung gelombang ke puncak gelombang disebut 'tinggi', sedang amplitude adalah nilai setengah dari 'tinggi tersebut.

b. Panjang Gelombang (L)

Jarak antara satu puncak gelombang dengan gelombang yang lain.

c. Nomor Gelombang (k)

Nomor gelombang yang didapatkan dari jarak, biasanya menggunakan nomor gelombang secara radian.

d. Periode Gelombang (T)

Waktu yang diperlukan antara 2 puncak gelombang.

e. Frekuensi Gelombang (ω)

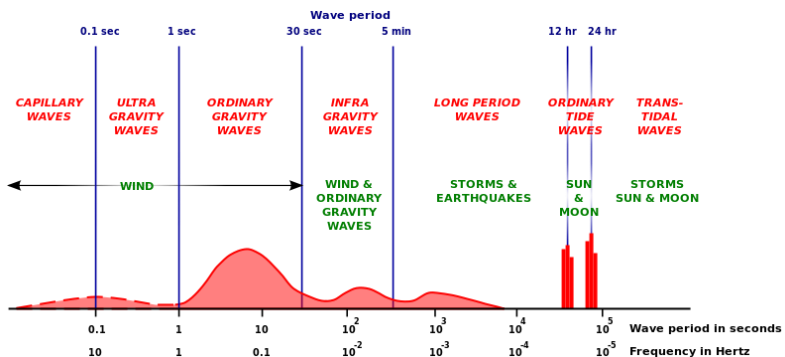
Jumlah gelombang yang bisa didapatkan dalam satu detik, biasanya menggunakan satuan radian.

f. Kecepatan Fase Gelombang (C)

Kecepatan yang didapatkan pada saat gelombang melewati sebuah titik. (Triatmojo, 1999)

2.4.3. Jenis-jenis Gelombang Laut

Gelombang laut, seperti dijelaskan pada sub-bab 2.4.1 mempunyai beberapa parameter yang sudah ditentukan. Parameter-parameter tersebut akan membentuk dan membuat gelombang laut mempunyai jenis dan karakteristik yang khas. Dalam Perkembangannya, gelombang mempunyai beberapa karakteristik yang didasarkan terhadap gaya pembangkitnya, yaitu periode, frekuensi dan panjang gelombang yang mempunyai hubungan satu sama lain dalam rumus normal dan ideal dari gelombang sinusoidal. Penjelasan dari jenis-jenis gelombang tersebut ada pada gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2. 7 Jenis-jenis Gelombang Laut
(Sumber: Dean dan Dalrymple, 1984)

2.4.4. Potensi dan Efek Lingkungan dari Energi Gelombang Laut

Potensi terbesar energi gelombang laut berada pada bumi bagian atas atau bawah dengan koordinat yang berada diantara lintang 40° sampai 60°. Studi ekonomis terhadap energi gelombang laut sudah pernah dilakukan, dan meskipun untuk sekarang tidak bisa menandingi efisiensi energi fosil, tapi efisiensi dari energy gelombang seiring dengan berkembangnya teknologi semakin meningkat, dengan desain yang lebih efektif dan tentu saja lebih hemat. Dengan harga 5 sen poundsterling (5 penny) untuk 1 kWh, energy gelombang laut menjadi salah satu alternative hemat pembangkitan energy bersih di masa depan. (Pelc dan Fujita 2002)

Untuk efek lingkungan dari pembangkitan energi lautan, apabila menggunakan pembangkitan skala kecil akan memiliki efek yang sangat kecil terhadap ekosistem. Tetapi, sistem besar yang sedang dikembangkan ternyata memiliki potensi untuk mengganggu stabilitas ekosistem karena arah gelombang dan besarnya akan berubah dengan adanya pembangkit yang bertindak sebagai pemecah gelombang. Untuk mendapatkan sebuah sistem pembangkit yang ramah lingkungan, kita harus melakukan penelitian lebih lanjut tentang hal tersebut, karena energi gelombang ini merupakan salah satu sumber alternatif energi ramah lingkungan yang sangat potensial penggunaannya di masa depan (Pelc dan Fujita 2002).

2.5. SNAP

Sebuah peranti lunak untuk semua Sentinel Toolboxes yang sedang dikembangkan bersama oleh Brockmann Consult, Array Systems Computing dan C-S yang disebut *Sentinel Application Platform* (SNAP). Arsitektur SNAP sangat ideal untuk Pengamatan Bumi pengolahan dan analisis

karena inovasi teknologi berikut: Perluasan, Portabilitas, *Modular Rich Client Platform*, *Abstraction Generic EO data*, *Tile Memory Management*, dan Kerangka Pengolahan Grafik (European Space Agency (ESA), 2015).

Fitur – fitur yang dapat digunakan dalam melakukan prosesing data dengan menggunakan SNAP adalah sebagai berikut :

- Bisa digunakan dalam semua Toolboxes
- Tampilan gambar dan navigasi sangat cepat bahkan gambar berukuran giga-pixel
- *Graph Processing Framework (GPF)*: untuk membuat hubungan prosesing *user-defined*
- *Advanced layer management* yang memungkinkan penambahan dan manipulasi overlay baru gambar dari band yang lain, citra dari WMS servers atau ESRI shapefiles
- Meningkatkan *region-of-interest definitions* untuk model statistik dan berbagai plot
- Mempermudah *bitmask definition and overlay*
- Fleksibilitas dalam *band arithmetic* dengan menggunakan rumus ekspresi matematika
- Akurat dalam *reprojection* dan *ortho-rectification*,
- *Geo-coding* dan rektifikasi dengan *ground control points*
- Dapat melakukan download otomatis SRTM DEM
- *Product library* untuk *scanning* dan *cataloging* secara efisien mengatur arsip besar
- Mendukung *Multithreading* dan *Multi-core processor*
- Reintegrasi dengan *WorldWind visualisation*

2.6. Penelitian Terdahulu

Dari penelitian (Nadzir, et al., 2015) tentang estimasi energi gelombang air laut yang dilakukan di perairan Pulau Poteran, Sumenep Madura menggunakan citra satelit SAR ALOS-PALSAR pada 12/5/2009 menghasilkan beberapa kesimpulan berupa estimasi energi gelombang laut

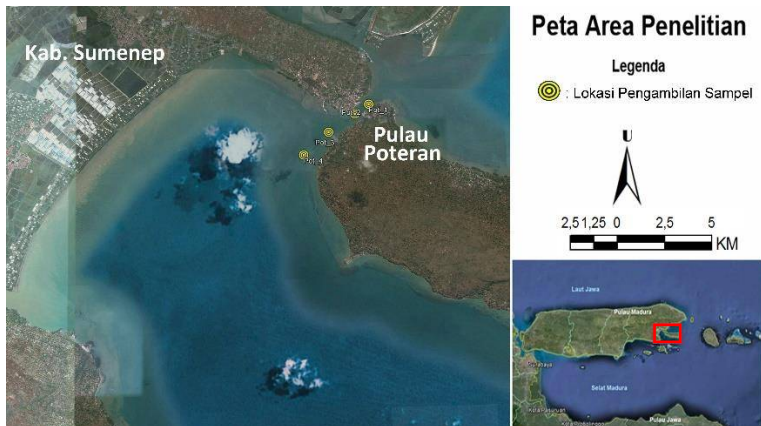
menggunakan metode *waveheight* menunjukkan bahwa di Pulau Poteran pada tanggal 12 Mei 2009 mempunyai nilai yang beragam, antara 182 sampai 1317 W/m² dengan titik potensial sejumlah 7 area. Sedangkan menggunakan metode amplitudo didapatkan rentang nilai antara 0 sampai 258 W/m² dengan titik potensial sejumlah 63 area.

Dari proses pencarian residu atau perbandingan antara 2 metode tersebut, terdapat nilai-nilai yang sangat beragam dikarenakan metode amplitudo menggunakan nilai setiap piksel sedangkan metode *wavelength* menggunakan area 1.25x1.25 km, sehingga bisa disimpulkan bahwa menggunakan metode amplitudo lebih presisi dan baik daripada metode *wavelength*. Untuk proses statistika (*Confidence Interval of the Mean*) dengan tingkat kepercayaan 95%, didapatkan nilai yang berada pada rentang nilai yang ditoleransi adalah 0,3% dan 0,28% sehingga bisa disimpulkan bahwa persebaran nilai potensi di perairan Pulau Poteran sangat *random* dan membuat peletakan pembangkit energi gelombang yang sangat hati-hati dan tidak sembarangan.

BAB III. METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil daerah studi di wilayah sekitar Pulau Poteran, Madura, yang terletak di antara koordinat $113^{\circ}53'57''$ BT sampai $114^{\circ}15'53''$ BT; $BT7^{\circ}3'21,5''$ LS sampai $7^{\circ}15'9,2''$ LS, dimana secara administratif terletak di Kabupaten Sumenep, dan terletak di tenggara kota Sumenep yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



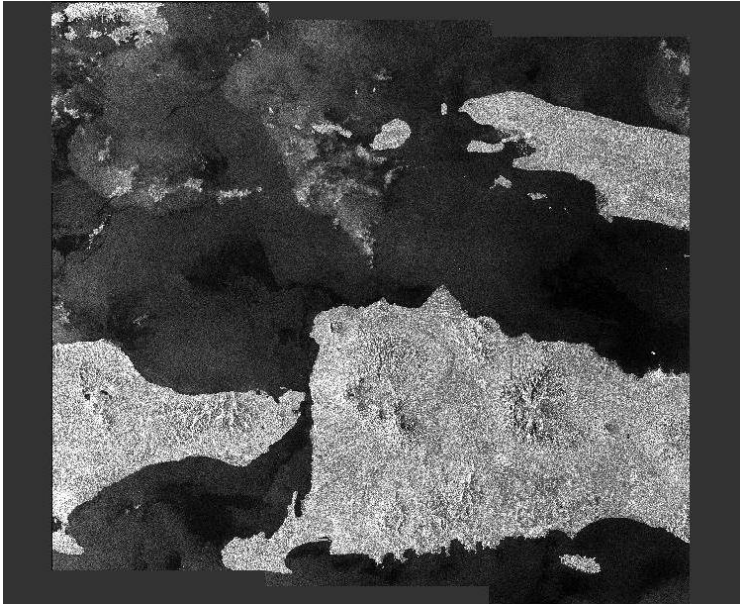
Gambar 3. 1 Peta Area Penelitian
(Sumber: <http://tanahair.indonesia.go.id>, 2016)

3.2. Data dan Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan data dan peralatan seperti berikut :

3.2.1. Data

Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra satelit Sentinel-1 dengan waktu perekaman 4 Februari 2016, 16 April 2016 dan 25 April 2016 yang ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut,



Gambar 3. 2 Contoh Salah satu *scene* citra Sentinel-1 sekitar Pulau Poteran
(Sumber: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

data model angin dan arus BMKG pada bulan Januari sampai April 2016. Sedangkan data sekunder yang diambil adalah hasil pengukuran angin dan arus laut di Pulau Poteran.

3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Hardware

- *Currentmeter*, alat untuk penentuan arus laut secara non-otomatik
- Kompas, alat untuk penentuan arah arus dan angin
- GPS Navigasi, alat untuk penentuan posisi pengambilan data *in-situ*

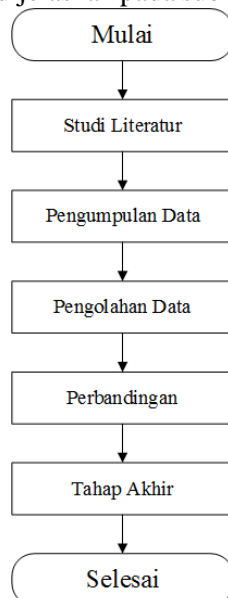
b. Software

- SNAP, untuk perangkat lunak mengolah Citra Radar.
- ArcGIS 10.x, untuk visualisasi dan pembuatan peta arus laut.
- Origin Lab. (*evaluation copy-17 day*), perangkat lunak untuk pemodelan *rose diagram* dan pembuatan grafik lain.
- Ms. Office untuk pembuatan laporan dan mengelola perhitungan lain.

3.3. Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, ada beberapa tahapan umum yang dilakukan, dan dijelaskan dalam gambar 3.4. Penelitian ini terbagi dalam 5 tahap, dimana setiap tahap akan dijelaskan pada sub bab- sub bab berikutnya.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Umum Penelitian

Penjelasan tahapan diagram alur:

a. Studi Literatur

Pada proses ini dicari dan dilakukan sitasi, proses pencarian referensi dan rangkuman terhadap referensi-referensi yang mumpuni dan sesuai dengan penelitian, dalam hal ini adalah *Synthetic Aperture Radar*, arus laut, angin laut, satelit Sentinel-1, *image processing (Feature Extraction)*, dan literatur-literatur lain yang mendukung penelitian ini, baik dari buku, handbook, jurnal maupun sumber-sumber kredibel lainnya.

b. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengambilan dan pengumpulan data yang dibutuhkan, yaitu citra satelit Sentinel-1 sebagai data primer yang didapatkan dari pengunduhan langsung *web site* ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) yang merupakan situs resmi citra satelit Sentinel-1. Selain data primer berupa citra SAR juga dilakukan pengambilan data berupa data sekunder berupa data pemodelan arus dan angin dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) Stasiun Meteorologi Perak II Surabaya dan data *in-situ* (data lapangan) berupa arus dan angin yang diambil pada tanggal 22 April 2016.

c. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan terhadap data primer, dimana akan dijelaskan secara lebih lanjut di subbab 3.3.2.

d. Tahap Perbandingan

Hasil pengolahan data Sentinel-1 berupa data angin dan arus yang sudah selesai akan di-bandingkan dengan data pemodelan arus dan angin dari BMKG dan

membandingkan juga dengan arus dan angin dari data lapangan.

e. Tahap Akhir

Pada tahap ini dari hasil yang sudah ada dilakukan *layouting* untuk dijadikan peta estimasi sebaran angin maupun arus dari citra Sentinel-1, serta dilakukan pembuatan *paper* ilmiah dan juga laporan Tugas Akhir agar penelitian ini bisa mencapai manfaat yang sebagaimana mestinya dan dipublikasikan dengan baik, sesuai dengan kaidah ilmiah.

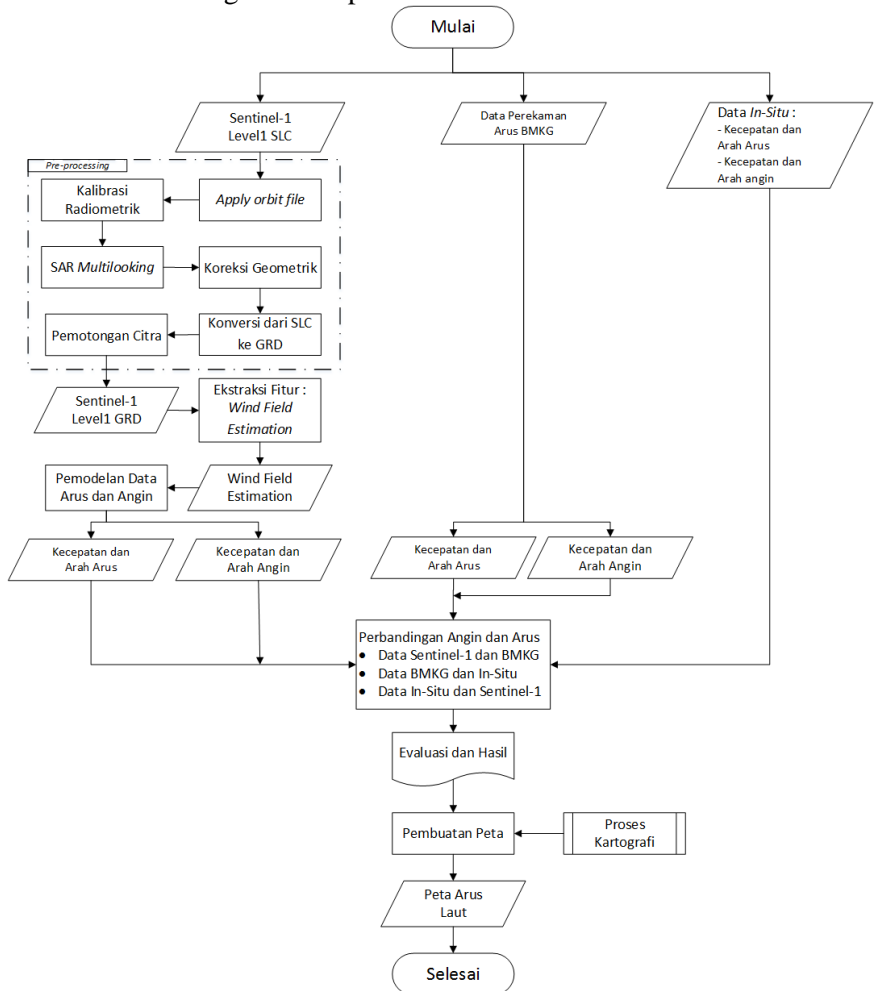
3.3.2. Pengolahan Data

Data-data Sentinel-1 yang didapatkan pada proses pengumpulan data diatas selanjutnya diproses menggunakan aplikasi SNAP dan ArcMap pada ArcGIS. Pada proses *pre-processing* yang pertama berupa *Apply orbit file* untuk menyesuaikan citra dengan orbit satelit. Selanjutnya dilakukanlah kalibrasi radiometrik untuk mendapat *output* “sigma0_band”. Langkah berikutnya yaitu SAR *Multilooking* untuk menormalkan ukuran piksel. Lalu dilakukanlah koreksi geometrik yang sesuai dengan kondisi lapangan. Setelah itu dilakukan konversi dari SLC (*Single Look Complex*) menjadi format GRD (*Ground Range Detected*). Langkah terakhir dalam *pre-processing* adalah pemotongan citra sesuai daerah penelitian.

Dari citra Sentinel Level 1 GRD dilakukanlah proses ekstraksi data gelombang angin dengan menggunakan *Feature*

Extraction sehingga diperoleh data persebaran angin. Dari data angin dilakukan perhitungan agar memperoleh data angin dan arus dengan melakukan ekstraksi data.

Setelah mendapatkan nilai arus dan angin dilakukan evaluasi dan perbandingan dari data Sentinel-1, BMKG, dan *in-situ*. Selain itu dilakukanlah pembuatan peta arus laut sebagai luaran produk.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengolahan Data

Pada gambar 3.4, dijelaskan diagram alir dari pengolahan data yang dilakukan di penelitian ini. Dengan penjelasan sebagai berikut:

a. *Proses Pre-Processing*

Pada proses ini, dilakukan sebuah proses awal terhadap citra Sentinel-1 menggunakan aplikasi *SNAP*, sehingga mendapatkan citra Polarisasi HH dan polarisasi VV serta citra amplitude HH yang nantinya akan digunakan dalam proses selanjutnya. Pada proses *pre-processing* yang pertama berupa *Apply orbit file*, proses tersebut berguna untuk menyesuaikan citra dengan orbit satelit sehingga memiliki sistem koordinasi ruang angkasa. Selanjutnya dilakukanlah kalibrasi radiometrik untuk mendapat *output* “sigma0_band”. Langkah berikutnya yaitu *SAR Multilooking* untuk menormalkan ukuran piksel karena pada citra SAR tersebut nilai *range* dan *azimuth* tidaklah sama sehingga perlu dilakukan kalibrasi. Proses selanjutnya yaitu koreksi geometrik yang sesuai dengan kondisi dilapangan, dalam hal ini dilakukan *Ellipsoid Correction* supaya citra memiliki koordinat WGS 84 / UTM (*Automatic*). Setelah itu dilakukan konversi dari SLC (*Single Look Complex*) menjadi format GRD (*Ground Range Detected*). Langkah terakhir dalam *pre-processing* adalah pemotongan citra atau *Subsetting* sesuai daerah penelitian, yaitu 113°53'57” BT sampai 114°15'53” BT; BT7°3'21,5” LS sampai 7°15'9,2” LS.

c. *Ekstraksi Fitur (Feature Extraction)*

Dari citra Sentinel Level 1 GRD dilakukanlah proses ekstraksi data gelombang angin dengan menggunakan *Feature Extraction* sehingga diperoleh data persebaran angin (*wind field estimation*). Dari data angin dilakukan

perhitungan agar memperoleh data angin dan arus dengan melakukan ekstraksi data.

d. Pemodelan Data

Pada proses ini dilakukan sebuah proses konversi dari data angin menjadi data arus. Selain data angin, diperlukan juga data bathimetri dan pasang surut perairan sebagai data pendukung dalam proses pemodelan. Setelah mendapat data arus kemudian data dimodelkan pada ArcMap di ArcGIS, menggunakan klasifikasi IDW (*Inverse Distance Weighted*). Klasifikasi IDW (*Inverse Distance Weighted*) merupakan metode klasifikasi yang mempertimbangkan varian kumpulan titik berdasarkan fungsi jarak dari setiap titik yang diinterpolasi, Diana metode ini mempunyai kemiripan dengan metode Polygon Thiessen. Menurut (Barus dan U.S. 2000), metode Polygon Thiessen mempunyai dua kelemahan yaitu pembagian suatu wilayah menjadi wilayah yang lebih kecil sangat tergantung pada lokasi pengamatan dan metode ini tidak menerapkan asumsi bahwa titik yang berdekatan lebih mirip dari titik yang berjauhan.

e. Evaluasi dan Perbandingan

Dari proses ini dilakukan perbandingan antara data Sentinel-1 dengan data BMKG dan data *in-situ*. Dari ketiga data tersebut akan didapatkan perbedaan dan persamaan hasil pengukuran angin dan arus laut. Selain itu dilakukanlah penggambaran *Rose diagram* untuk menunjukkan arah dari angin maupun arus laut pada titik stasiun yang sama, sehingga pada proses ini akan dapat diketahui arah dari persebaran angin dan arus laut. Pada proses ini dilakukan juga analisa hasil pada data arus dan angin.

f. Proses Pembuatan Peta

Setelah data dilakukan evaluasi dan analisa maka proses selajutnya adalah pembuatan peta atau *layouting* sesuai kaidah kartografi. Proses pembuatan peta dilakukan pada ArcMap dengan menggunakan fitur-fitur yang telah ada pada perangkat lunak tersebut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

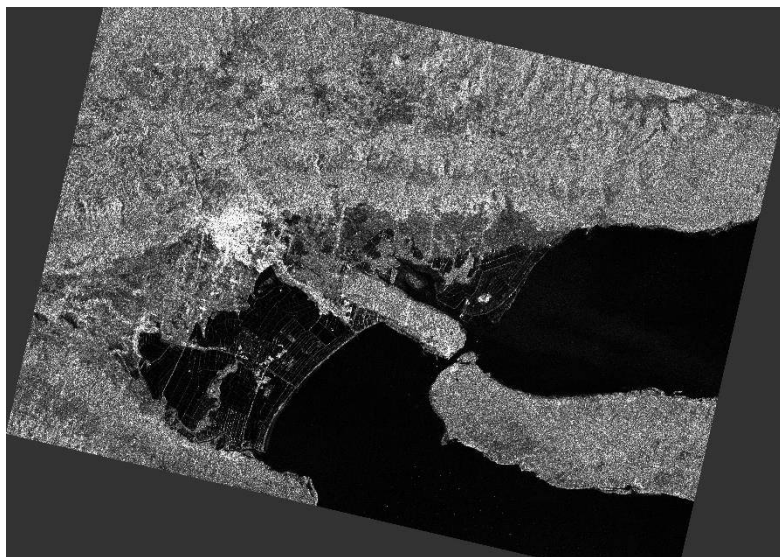
BAB IV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

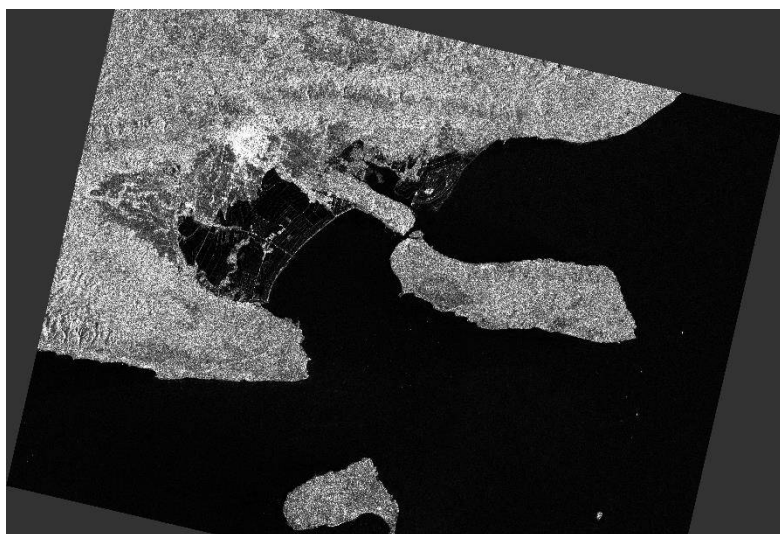
Dalam bagian ini akan dibahas tentang hasil-hasil dari proses-proses yang sudah dilakukan beserta dengan analisa terhadap hasil-hasil tersebut.

4.1. Pre-Processing (Pra-Pemrosesan)

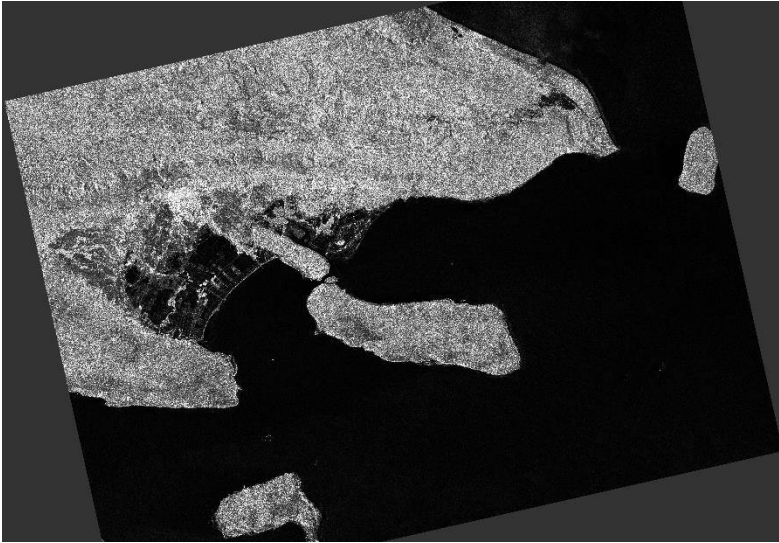
Proses awal yang dilakukan terhadap data citra satelit Sentinel-1 adalah proses *Pre-Processing* yang dilakukan di SNAP. Proses ini dilakukan terhadap semua citra satelit Sentinel-1 dengan tanggal perekaman data **4 Februari 2016** (S1A_IW_GRDH_1SDV_20160204T220042_20160204T220117_009802_00E571_E238), **16 April 2016** (S1A_IW_GRDH_1SDV_20160416T220043_20160416T220118_010852_0103DD_B9AC), dan **25 April 2016** (S1A_IW_GRDH_1SSV_20160425T104950_20160425T105007_010976_0107BF_68D0). Gambar hasil proses *pre-processing* ini ditampilkan pada gambar 4.1 berikut, sedangkan tabel yang berisi metadata (informasi) dari citra tersebut ditunjukkan pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 berikut ini.



(a) 4 Februari 2016



(b) 16 April 2016

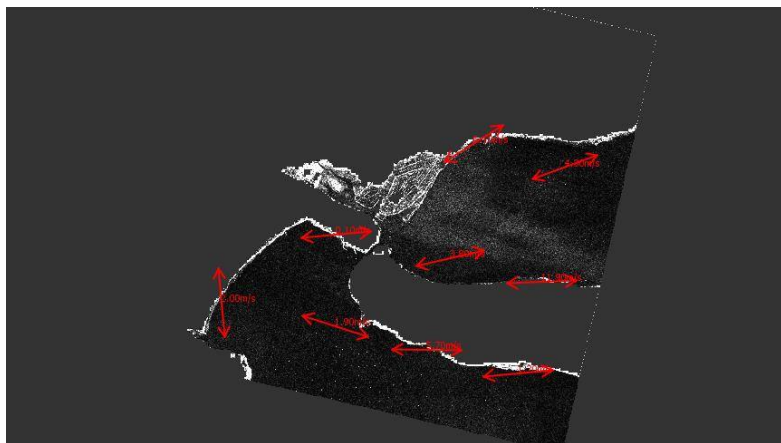


(c) 25 April 2015

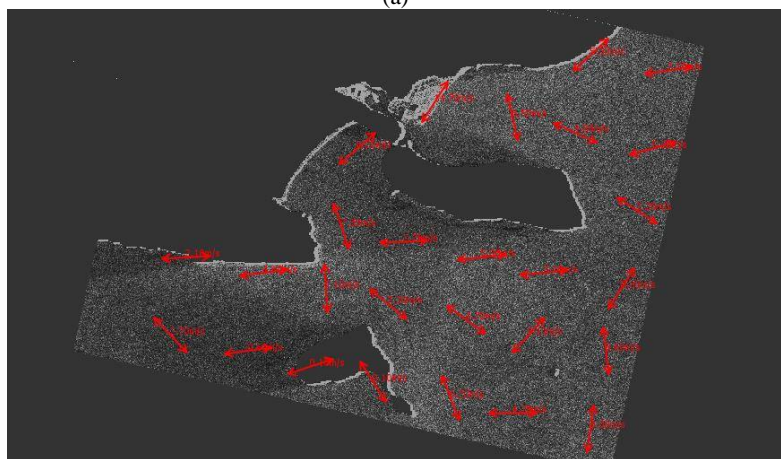
Gambar 4. 1 Citra Satelit Sentinel-1 hasil *Pre-Processing*

4.2. Feature Extraction (Ekstraksi Fitur)

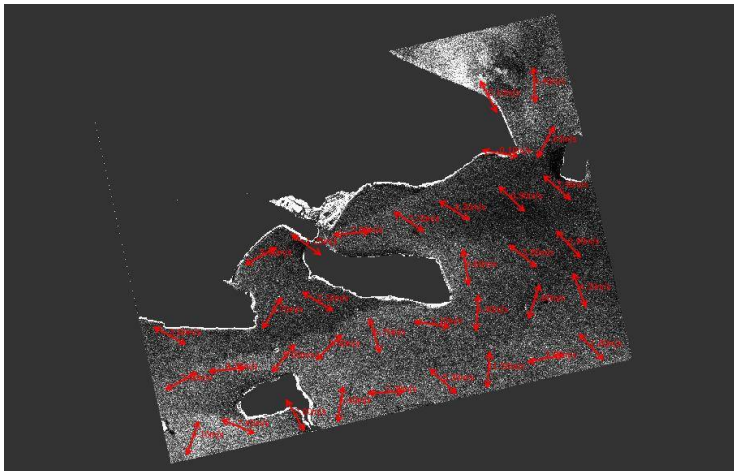
Data yang sudah diproses pada *pre-processing* setelah itu diproses dengan melakukan ekstraksi fitur pada menu *Feature Extraction* untuk mendapatkan hasil estimasi angin (*wind field estimation*). Hasil dari proses ekstraksi fitur dapat dilihat pada gambar 4.2 dan tabel 4.4, 4.5, serta 4.6 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 2 Hasil Ekstraksi Fitur Citra Sentinel-1 (a) 4 Februari 2016, (b) 16 April 2016, (c) 25 April 2016

Tabel 4. 1 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 4 Februari 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,02	114,03	1,00	286,72
2	-7,01	113,99	1,30	308,80
3	-7,07	114,02	7,80	321,74
4	-7,066	113,933	0,51	284,14
5	-7,06	113,98	1,00	278,82
6	-7,05	113,93	0,10	284,94
7	-7,05	113,947	0,60	285,71
8	-7,11	114,01	1,50	274,63
9	-7,1	113,97	0,80	271,23
10	-7,09	113,93	0,40	269,22
11	-7,08	113,88	0,80	353,39

Tabel 4. 2 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 16 April 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,01	114,12	1,00	196,12
2	-7,055	113,947	1,27	296,76
3	-7	114,07	0,60	313,92

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
4	-7,06	114,11	0,50	268,51
5	-7,05	114,06	0,50	267,72
6	-7,04	114,02	0,90	332,20
7	-7,03	113,97	3,40	319,48
8	-7,1	114,1	0,40	274,08
9	-7,06	113,92	0,60	323,12
10	-7,066	113,933	0,80	305,79
11	-7,15	114,09	0,90	340,58
12	-7,14	114,04	1,70	331,39
13	-7,13	114	0,80	277,23
14	-7,12	113,95	0,60	276,47
15	-7,11	113,91	1,00	200,22
16	-7,19	114,08	0,40	204,09
17	-7,18	114,03	0,60	319,27
18	-7,17	113,99	2,30	345,89
19	-7,16	113,94	1,60	216,91
20	-7,15	113,9	1,40	194,10
21	-7,14	113,86	0,70	279,02
22	-7,13	113,81	0,20	277,93
23	-7,24	114,07	0,60	274,65
24	-7,23	114,02	1,00	187,17
25	-7,22	113,98	3,30	194,30
26	-7,21	113,93	0,10	204,36
27	-7,2	113,89	0,10	286,19
28	-7,19	11,85	0,80	197,78
29	-7,18	113,8	0,50	187,47

Tabel 4. 3 Nilai ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-1 25 April 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,23	113,84	4,10	340,80
2	-7,22	113,88	7,40	292,87
3	-7,21	113,93	2,00	210,44
4	-7,2	113,97	5,40	352,18
5	-7,19	114,01	2,20	272,69
6	-7,18	114,06	5,30	226,17
7	-7,17	114,1	11,50	355,46
8	-7,16	114,15	3,90	281,58

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
9	-7,15	114,19	1,80	222,75
10	-7,18	113,83	3,20	298,86
11	-7,17	113,87	4,30	274,87
12	-7,16	113,92	5,00	320,69
13	-7,15	113,96	3,90	314,16
14	-7,14	114	6,70	196,49
15	-7,13	114,05	1,10	262,16
16	-7,12	114,09	6,90	355,41
17	-7,11	114,14	2,60	342,41
18	-7,1	114,18	4,20	201,06
19	-7,14	113,82	3,80	241,83
20	-7,12	113,91	3,70	328,61
21	-7,11	113,95	3,20	238,36
22	-7,08	114,08	3,60	188,61
23	-7,07	114,13	3,80	230,37
24	-7,06	114,17	0,90	221,65
25	-7,07	113,9	5,80	299,15
26	-7,066	113,933	1,87	245,06
27	-7,06	113,94	1,20	235,65
28	-7,05	113,98	2,90	275,51
29	-7,05	113,947	1,99	246,94
30	-7,04	114,03	3,20	237,17
31	-7,03	114,07	4,30	238,70
32	-7,02	114,12	0,90	225,28
33	-7,01	114,16	3,40	228,60
34	-6,98	114,11	0,10	260,43
35	-6,97	114,15	3,60	331,66
36	-6,93	114,1	0,10	206,10
37	-6,92	114,14	9,40	182,78

Bisa dilihat pada gambar 4.2 serta tabel 4.4, 4.5, dan 4.6, data pada masing-masing tanggal perekaman data memiliki perbedaan, bahkan pada data dengan tanggal perekaman yang sama. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 4 Februari 2016 memiliki hasil rata-rata angin pada 4 Februari 2016 sebesar 1,44 m/s dengan arah menuju $292^{\circ}40'12''$; 16 April 2016 sebesar 0,99 m/s dengan arah menuju $265^{\circ}16'12''$; dan 25 April 2016 sebesar 3,76 m/s dengan arah menuju $264^{\circ}25'12''$.

Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 4 Februari 2016 memiliki kecepatan terendah pada lintang $-7^{\circ}3'0''$ dan bujur $113^{\circ}55'48''$ dengan kecepatan 0,10 m/s dan arah $284^{\circ}56'24''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}4'12''$ dan bujur $114^{\circ}1'12''$ dengan kecepatan 7,80 m/s dan arah $321^{\circ}44'24''$. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 16 April 2016 memiliki kecepatan terendah pada lintang $-7^{\circ}12'36''$ dan bujur $113^{\circ}55'48''$ dengan kecepatan 0,10 m/s dan arah $204^{\circ}21'36''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}1'48''$ dan bujur $113^{\circ}58'12''$ dengan kecepatan 3,40 m/s dan arah $319^{\circ}28'48''$. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 25 April 2016 memiliki kecepatan terendah pada lintang $-6^{\circ}58'48''$ dan bujur $114^{\circ}6'36''$ dengan kecepatan 0,10 m/s dan arah $260^{\circ}25'48''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}10'12''$ dan bujur $114^{\circ}6'0''$ dengan kecepatan 11,50 m/s dan arah $355^{\circ}27'36''$.

4.3. Pemodelan Data Arus

Data yang sudah diproses pada *Feature Extraction* untuk mendapatkan hasil estimasi angin (*wind field estimation*) kemudian dilakukan pemodelan arus. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa data bathimetri lokasi pengambilan data, dalam penelitian ini adalah perairan Poteran yang merupakan wilayah Perairan Tenggara Sumenep. Hasil dari proses pemodelan arus dapat dilihat pada tabel 4.7, 4.8, dan 4.9 berikut.

Tabel 4. 4 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 4 Februari 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,02	114	0,28	175,24
2	-7,02	114,05	0,14	197,46
3	-7,04	114	0,36	178,16
4	-7,04	114,05	0,17	221,65
5	-7,05	113,95	0,27	163,64
6	-7,05	114	0,40	178,61
7	-7,06	113,9	0,07	180,00
8	-7,06	113,93	0,06	235,81

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
9	-7,06	114	0,42	178,29
10	-7,06	114,05	0,20	220,66
11	-7,08	113,9	0,06	185,94
12	-7,08	113,93	0,09	241,20
13	-7,1	113,9	0,16	243,42
14	-7,1	113,95	0,06	200,61
15	-7,12	113,9	0,25	221,78
16	-7,12	113,95	0,06	183,93
17	-7,12	114	0,08	176,75
18	-7,12	114,05	0,10	191,70

Tabel 4. 5 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 16 April 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,02	114	0,06	90,00
2	-7,02	114,05	0,01	90,00
3	-7,04	114	0,08	87,35
4	-7,04	114,05	0,01	90,00
5	-7,05	113,95	0,38	52,30
6	-7,05	114	0,09	88,46
7	-7,06	113,9	0,17	45,79
8	-7,06	113,93	0,06	108,93
9	-7,06	114	0,10	87,31
10	-7,06	114,05	0,02	90,00
11	-7,08	113,9	0,13	0,07
12	-7,08	113,93	0,01	78,63
13	-7,1	113,9	0,07	343,96
14	-7,1	113,95	0,02	355,31
15	-7,12	113,9	0,09	100,58
16	-7,12	113,95	0,02	339,13
17	-7,12	114	0,03	299,65
18	-7,12	114,05	0,06	35,33

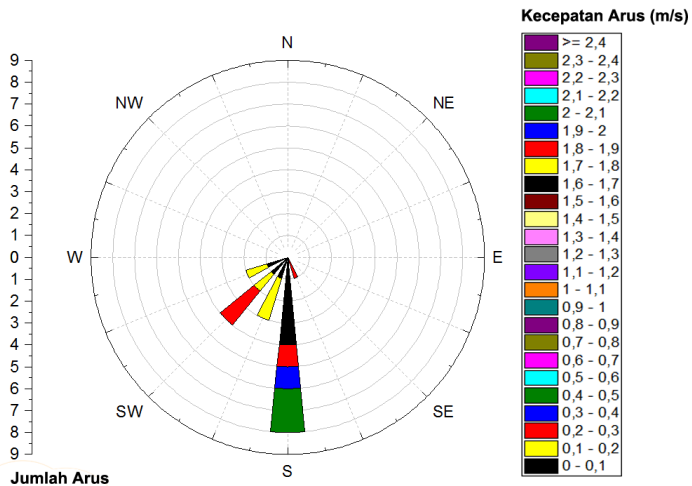
Tabel 4. 6 Nilai Pemodelan Arus Citra Satelit Sentinel-1 Tanggal 25 April 2016

No	Lintang	Bujur	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	-7,02	114	1,39	74,33
2	-7,02	114,05	0,46	110,72
3	-7,04	114	1,73	75,25
4	-7,04	114,05	0,55	115,51
5	-7,05	113,95	2,35	64,02
6	-7,05	114	1,82	78,87
7	-7,06	113,9	1,22	53,64
8	-7,06	113,93	0,78	152,43
9	-7,06	114	1,89	83,01
10	-7,06	114,05	0,61	109,99
11	-7,08	113,9	0,80	1,50
12	-7,08	113,93	0,73	167,02
13	-7,1	113,9	0,84	244,21
14	-7,1	113,95	0,10	90,34
15	-7,12	113,9	0,94	134,52
16	-7,12	113,95	0,06	52,55
17	-7,12	114	0,12	40,85
18	-7,12	114,05	0,76	8,30

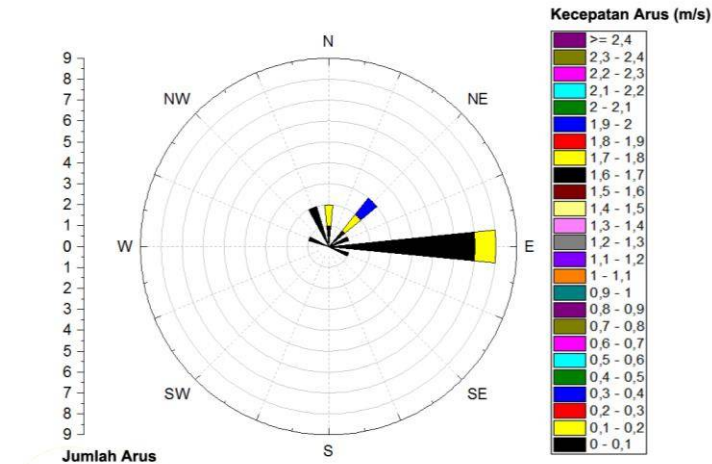
Bisa dilihat pada tabel 4.7, 4.8, dan 4.9 tersebut, data pada masing-masing tanggal perekaman data memiliki perbedaan, bahkan pada data dengan tanggal perekaman yang sama memiliki variasi data yang banyak. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 4 Februari 2016 memiliki rata-rata kecepatan arus 0,18 m/s dengan arah rata-rata $198^{\circ}36'0''$, tanggal perekaman 16 April 2016 memiliki rata-rata kecepatan arus 0,08 m/s dengan arah rata-rata $132^{\circ}22'48''$, tanggal perekaman 25 April 2016 memiliki rata-rata kecepatan arus 0,95 m/s dengan arah rata-rata $92^{\circ}3'36''$.

Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 4 Februari 2016 memiliki kecepatan arus terendah pada lintang $-7^{\circ}3'36''$ dan bujur $113^{\circ}55'48''$ dengan kecepatan 0,06 m/s dan arah $235^{\circ}48'36''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}3'36''$ dan bujur $114^{\circ}0'0''$ dengan kecepatan 0,42 m/s dan

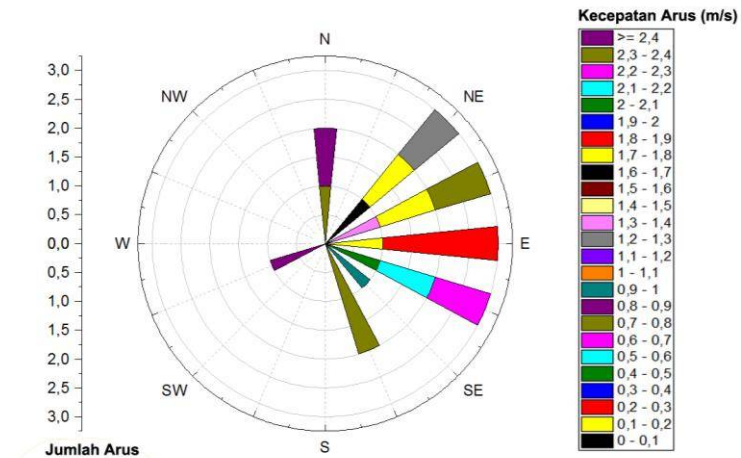
arah $178^{\circ}17'24''$. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal perekaman 16 April 2016 memiliki kecepatan arus terendah pada lintang $-7^{\circ}1'12''$ dan bujur $114^{\circ}3'0''$ dengan kecepatan 0,01 m/s dan arah $90^{\circ}0'0''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}3'0''$ dan bujur $113^{\circ}57'0''$ dengan kecepatan 0,38 m/s dan arah $52^{\circ}18'0''$. Pada data Citra Sentinel-1 tanggal pengaperekaman 25 April 2016 memiliki kecepatan arus terendah pada lintang $-7^{\circ}7'12''$ dan bujur $113^{\circ}57'0''$ dengan kecepatan 0,06 m/s dan arah $52^{\circ}33'0''$, sementara kecepatan tertinggi pada lintang $-7^{\circ}3'0''$ dan bujur $113^{\circ}57'0''$ dengan kecepatan 2,35 m/s dan arah $64^{\circ}1'12''$.



Gambar 4. 3 Rose diagram Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 4 Februari 2016



Gambar 4. 4 *Rose diagram* Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 16 April 2016



Gambar 4. 5 *Rose diagram* Data Arus Citra Sentinel-1 Tanggal 25 April 2016

Dari *Rose diagram* tersebut (Gambar 4.3, 4.4, dan 4.5) dapat diketahui bahwa data arus pada tanggal 4 Februari 2016

memiliki arah yang cenderung menuju ke selatan dan barat daya, selanjutnya kecepatan arus terbesar menuju arah selatan. Sementara itu, data arus pada tanggal 16 April 2016 memiliki arah yang cenderung menuju ke timur dan timur laut, dengan kecepatan arus terbesar menuju arah timur. Berbeda dengan data arus pada tanggal 25 April 2016 yang memiliki arah relatif menyebar, namun cenderung menuju ke timur, dengan kecepatan arus terbesar menuju arah timur.

4.4. Evaluasi Perbandingan Data Angin

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data Citra SAR Sentinel-1, data BMKG, dan data lapangan. Dari ketiga data hanya memiliki dua titik yang memiliki koordinat sama yaitu Titik 1 dengan koordinat dan Titik 4 dengan koordinat, maka hanya dilakukan perbandingan pada kedua sampel titik tersebut.

Pada pengambilan titik sampel di lapangan tanggal 22 April satelit Sentinel-1 tidak melakukan perekaman data pada lokasi penelitian sehingga citra Sentinel-1 tidak dapat dilakukan perbandingan dengan data lapangan dan hanya dibandingkan dengan data BMKG.

Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Angin Data *In-situ* dan Data BMKG

Nama Titik	Data <i>In-situ</i>		Data BMKG		Selisih	
	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)
Point 1	0,35	248,857	4,32	286,910	3,98	38,05
Point 4	0,34	268,571	4,23	287,020	3,89	18,45

Hasil dari perbandingan angin dari data *in-situ* dan data BMKG memiliki selisih nilai yang besar pada kecepatan yaitu pada titik 1 sebesar 3,98 m/s dan titik 4 sebesar 3,89 m/s. Hal tersebut terjadi karena dalam pengukuran lapangan tidak selalu terdapat angin, misal mulai pukul 23.00-03.00 malam kecepatan angin 0 m/s.

Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Angin Data BMKG dan Data Sentinel-1

Nama Titik	Tanggal	BMKG		Sentinel-1		Selisih	
		Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)
Point 1	4-2-2016	2,21	153,6	0,60	285,71	1,61	132,16
	16-4-2016	2,62	270,7	1,27	296,76	1,35	26,08
	25-4-2016	5,01	295,4	1,99	246,94	3,01	48,49
Point 4	4-2-2016	2,16	153,6	0,51	284,14	1,64	130,56
	16-4-2016	2,55	270,3	0,80	305,79	1,75	35,49
	25-4-2016	4,85	295,5	1,87	245,06	2,98	50,42

Hasil dari perbandingan angin dari data BMKG dan data Sentinel-1 dengan tanggal perekaman 4 Februari, 16 April, 25 April memiliki selisih nilai yang besar pada kecepatan yang memiliki selisih waktu terbesar 3,01 m/s. Hal tersebut terjadi karena citra satelit Sentinel hanya beroperasi pada jam-jam tertentu sehingga tidak mencakup perodisasi satu hari penuh (24 jam) sementara data BMKG merupakan data rata-rata harian, sehingga ketika ada angin kencang yang berhembus pada waktu selain waktu perekaman tersebut maka tidak ada data pada perekaman pada sensor Sentinel-1.

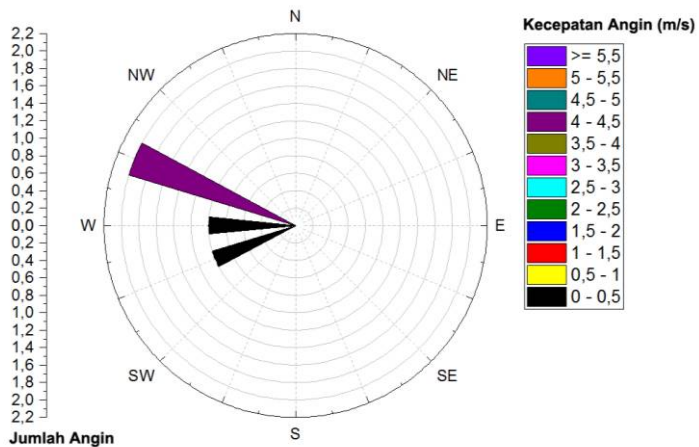
Tabel 4. 9 Hasil Perbandingan Angin Data *In-situ* dan Data Sentinel-1

Nama Titik	Tanggal	In-situ		Sentinel-1	
		Kec (m/s)	Arah (derajat)	Kec (m/s)	Arah (derajat)
Point 1	4-2-2016	-	-	0,60	285,71
	16-4-2016	-	-	1,27	296,76
	25-4-2016	-	-	1,99	246,94
	22-4-2016	0,35	248,86	-	-
Point 4	4-2-2016	-	-	0,51	284,14
	16-4-2016	-	-	0,80	305,79
	25-4-2016	-	-	1,87	245,06
	22-4-2016	0,34	268,57	-	-

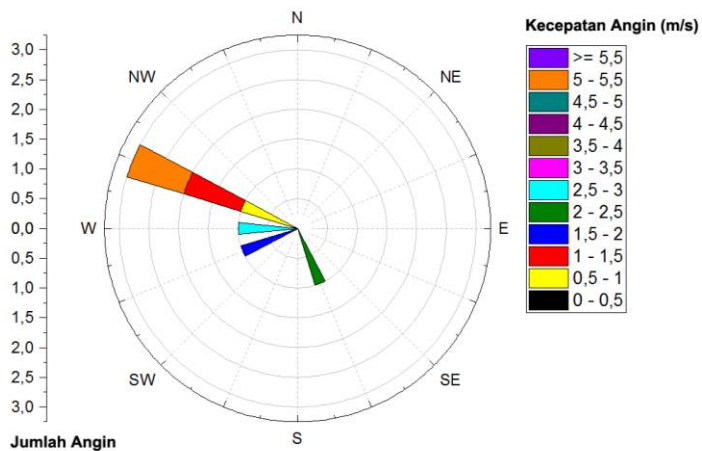
Hasil dari perbandingan angin dari data *in-situ* dan data Sentinel-1 dengan tanggal perekaman 4 Februari, 16 April, 22 April dan 25 April tidak dapat dilakukan, karena kedua data

tidak memiliki persamaan pada waktu pengambilan data. Sehingga, pada evaluasi perbandingan data hanya dilakukan pada data *in-situ* dan data BMKG, serta data BMKG dan data Sentinel-1. Hal tersebut terjadi karena prediksi pada orbit satelit yang sejatinya melakukan perekaman data pada 22 April 2016 ternyata Sentinel-1 tidak melakukan perekaman data pada area penelitian.

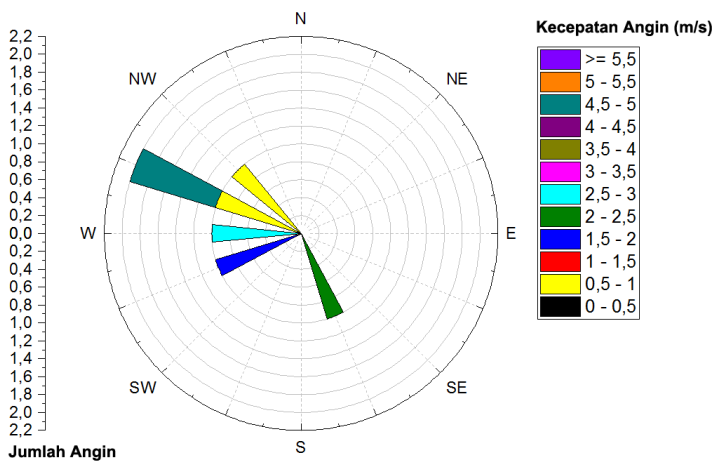
Dari data perekaman angin tersebut, kami sajikan dalam bentuk diagram angin (*rose diagram*) berikut.



Gambar 4. 6 *Rose diagram* Data Angin *In-situ* dan BMKG



(a)



(b)

Gambar 4. 7 *Rose diagram* Data Angin BMKG dan Sentinel-1
(a) Lokasi Titik Point 1, (b) Lokasi Titik Point 4

Dari *rose diagram* dapat diketahui perbedaan arah tidak terlalu signifikan antara data *in-situ* dan data BMKG yaitu sebesar $38^{\circ}3'0''$ pada titik 1 dan $18^{\circ}3'0''$ pada titik 4, sementara antara data BMKG dan data Sentinel-1 memiliki perbedaan terbesar pada data tanggal 4 Februari 2016 sebesar $132^{\circ}9'36''$ untuk titik 1 dan $130^{\circ}33'36''$ untuk titik 4.

4.5. Evaluasi Perbandingan Data Arus

Dalam penelitian ini, evaluasi arus dilakukan dengan membandingkan data BMKG, dan data lapangan saja karena data Sentinel-1 Level 1 tidak dapat melakukan ekstraksi arus secara langsung. Dari dua data tersebut hanya memiliki dua titik yang memiliki koordinat sama, maka hanya dilakukan perbandingan pada kedua sampel titik tersebut pada tanggal 22 April 2016.

Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Arus Data *In-situ* dan Data BMKG

Nama Titik	Data <i>In-situ</i>		Data BMKG		Selisih	
	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)
Point 1	0,38	242,50	0,24	106,91	0,14	135,59
Point 4	0,30	224,29	0,20	28,54	0,10	195,75

Hasil dari perbandingan arus dari data *in-situ* dan data BMKG tidak memiliki selisih nilai yang besar pada kecepatan namun memiliki perbedaan yang mencolok pada arah arus. Perbedaan arah arus tersebut sebesar $135^{\circ}35'24''$ pada lokasi pengamatan 1 dan sebesar $195^{\circ}45'0''$ pada titik ke 4.

Tabel 4. 11 Hasil Perbandingan Arus Data *In-situ* dan Data BMKG

Nama Titik	Tanggal	BMKG		Sentinel-1		Selisih	
		Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)
Point 1	4-2-2016	0,09	154,60	0,27	163,64	0,17	9,04
	16-4-2016	0,06	147,14	0,38	52,30	0,32	94,84
	25-4-2016	0,36	0,18	2,35	64,02	1,99	63,84

Nama Titik	Tanggal	BMKG		Sentinel-1		Selisih	
		Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)	Kec. (m/s)	Arah (derajat)
Point 4	4-2-2016	0,07	173,51	0,06	235,81	0,01	62,30
	16-4-2016	0,05	152,16	0,06	108,93	0,01	43,23
	25-4-2016	0,29	15,15	0,78	152,43	0,49	137,28

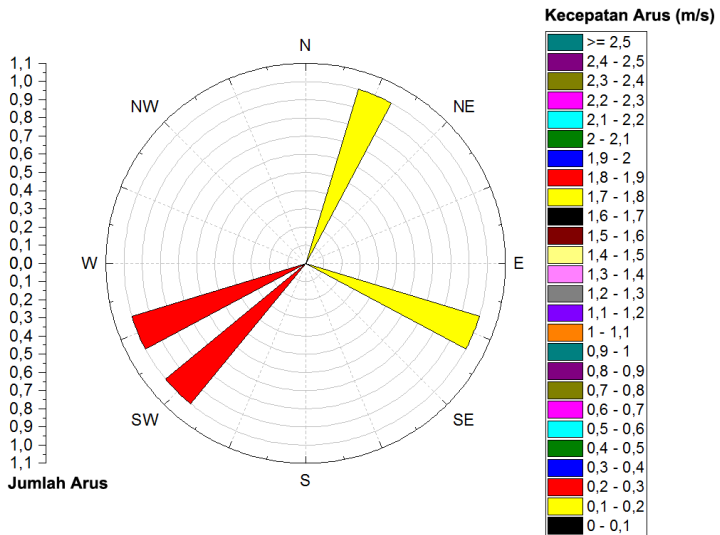
Hasil dari perbandingan arus dari data BMKG dan data Sentinel-1 dengan tanggal perekaman 4 Februari, 16 April, 25 April memiliki selisih nilai yang besar pada arah yang memiliki selisih terbesar dengan nilai $137^{\circ}16'48''$, sementara perbedaan kecepatan terbesar terjadi pada tanggal 25 April pada titik pengamatan ke-1 sebesar 1,99 m/s.

Tabel 4. 12 Hasil Perbandingan Angin Data *In-situ* dan Data Sentinel-1

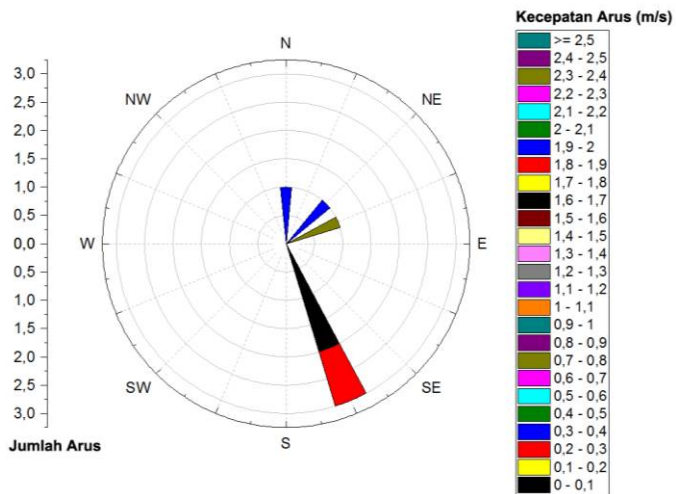
Nama Titik	Tanggal	<i>In-situ</i>		Sentinel-1	
		Kecepatan	Arah	Kecepatan	Arah
Point 1	4-2-2016	-	-	0,27	163,64
	16-4-2016	-	-	0,38	52,30
	25-4-2016	-	-	2,35	64,02
	22-4-2016	0,38	242,50	-	-
Point 4	4-2-2016	-	-	0,06	235,81
	16-4-2016	-	-	0,06	108,93
	25-4-2016	-	-	0,78	152,43
	22-4-2016	0,30	224,29	-	-

Hasil dari perbandingan arus dari data *in-situ* dan data Sentinel-1 dengan tanggal perekaman 4 Februari, 16 April, 22 April dan 25 April tidak dapat dilakukan, karena kedua data tidak memiliki persamaan pada waktu pengambilan data antara data Sentinel-1 dan data *in-situ*. Sehingga, pada evaluasi perbandingan data hanya dilakukan pada data *in-situ* dan data BMKG, serta data BMKG dan data Sentinel-1. Hal tersebut terjadi karena prediksi pada orbit satelit yang sejatinya melakukan perekaman data pada 22 April 2016 ternyata Sentinel-1 tidak melakukan perekaman data.

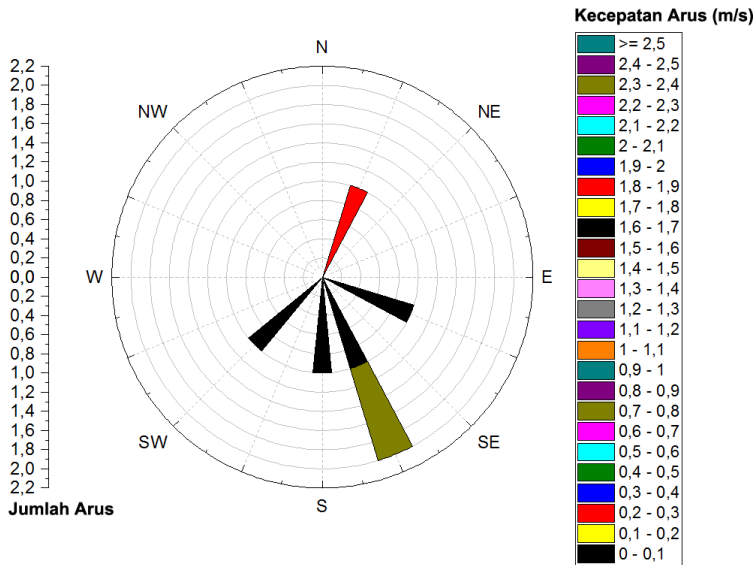
Dari data perekaman arus tersebut, kami sajikan dalam bentuk diagram angin (*rose diagram*) berikut.



Gambar 4. 8 Rose Diagram Data Arus In-situ dan BMKG



(a)



(b)

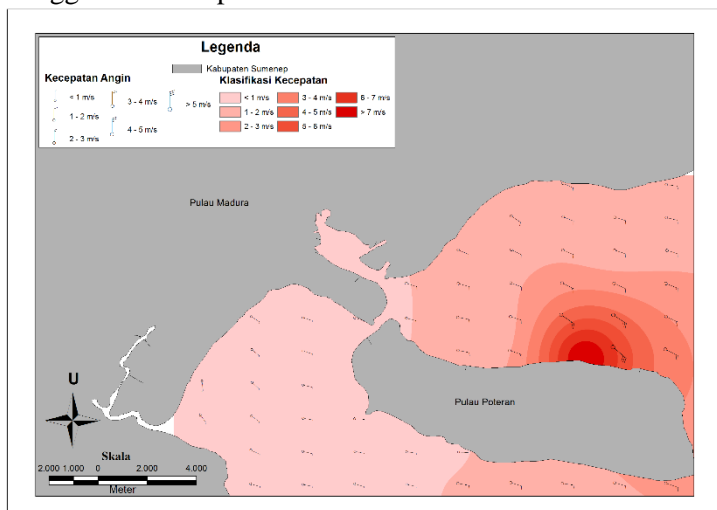
Gambar 4. 9 Rose Diagram Data Arus BMKG dan Sentinel-1
(a) Lokasi Titik Point 1, (b) Lokasi Titik Point 4

Dari *Rose Diagram* tersebut dapat diketahui perbedaan arah yang sangat signifikan antara data *in-situ* dan data BMKG yaitu sebesar $135^{\circ}35'24''$ pada titik ke-1 dan $195^{\circ}45'0''$ pada titik ke-4, sementara antara data BMKG dan data Sentinel-1 memiliki perbedaan terbesar pada arah sebesar $137^{\circ}16'48''$. Perbedaan arah tersebut dikarenakan pada saat pengukuran data *in-situ* dipengaruhi oleh arus pasang saat bulan purnama sehingga menyebabkan kapal ikut terbawa arus.

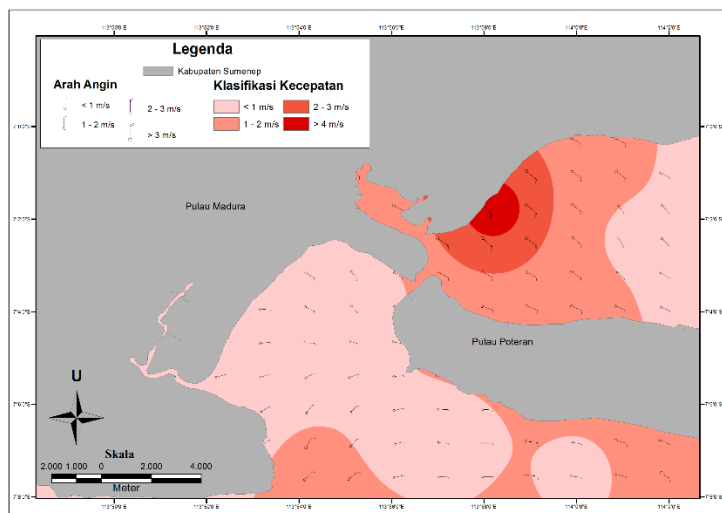
4.6. Peta Pemodelan Estimasi Angin

Semua data angin dari proses yang telah diperoleh, dilakukan pembuatan peta sebagai informasi mengenai estimasi sebaran angin di wilayah Perairan Tenggara Sumenep.

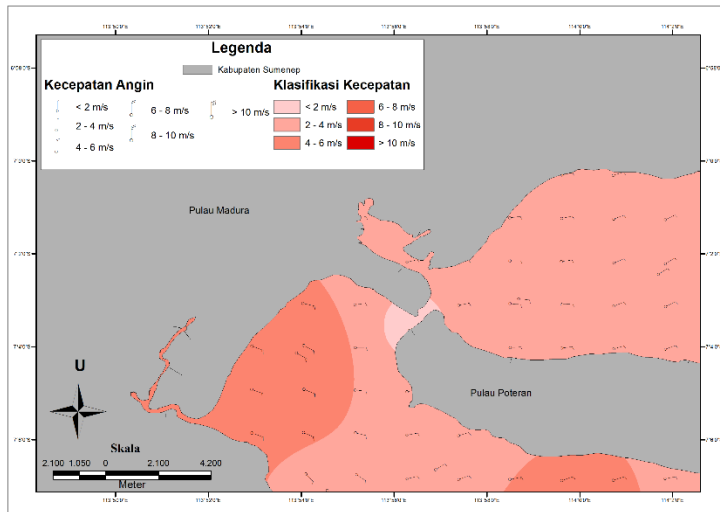
Berikut adalah Peta Estimasi Sebaran Angin di Perairan Tenggara Sumenep.



(a)



(b)



(c)

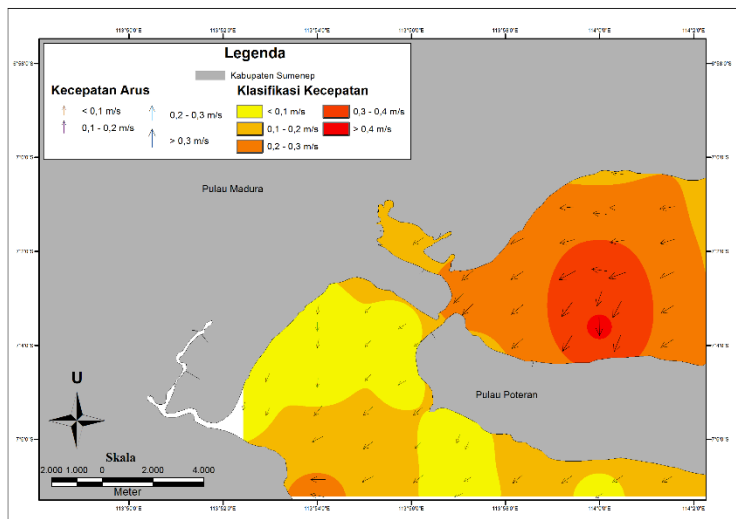
Gambar 4. 10 Peta Estimasi Sebaran Angin (a) 4 Februari 2016, (b) 16 April 2016, (c) 25 April 2016

Pada gambar 4.10 tersebut menjelaskan bahwa tiap data pengamatan pada tanggal yang berbeda memiliki karakteristik angin yang berbeda pula. Pada tanggal 4 Februari 2016, arah angin berhembus dari timur dan cenderung ke atas atau ke arah utara dengan kecepatan rata-rata kurang dari 2,0 m/s. Sementara pada tanggal 16 April 2016, arah angin berhembus dari timur dan cenderung ke bawah atau ke arah selatan juga arus pada selat antara Pulau Poteran dan Pulau Madura memiliki arah ke barat daya ataupun selatan. Dari peta estimasi Sebaran Angin tersebut dapat diketahui juga kecepatan dominan kurang dari 1,0 m/s. Sementara pada tanggal 25 April 2016, arah angin berhembus dari timur dan cenderung ke bawah atau ke arah selatan pada lintang di bawah sementara lintang di bawah relatif tidak teratur, dengan kecepatan rata-rata antara 2,0 m/s sampai 4,0 m/s.

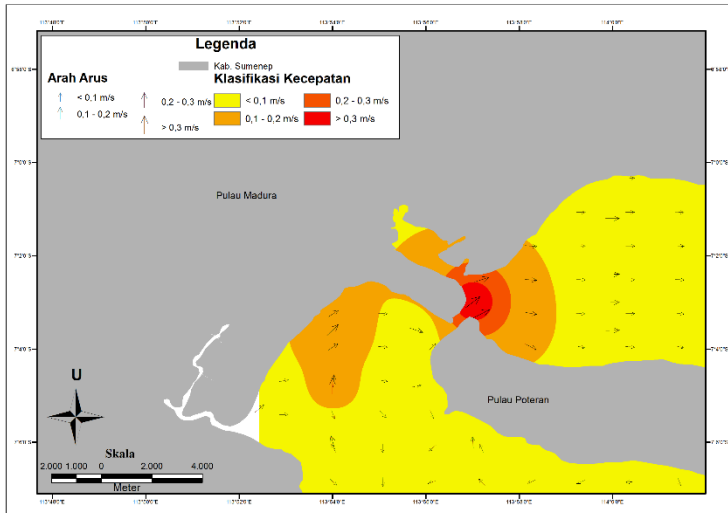
4.7. Peta Pemodelan Estimasi Arus

Dari semua data arus dari proses yang telah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan pembuatan peta sebagai informasi mengenai estimasi sebaran arus di wilayah Perairan Tenggara Sumenep.

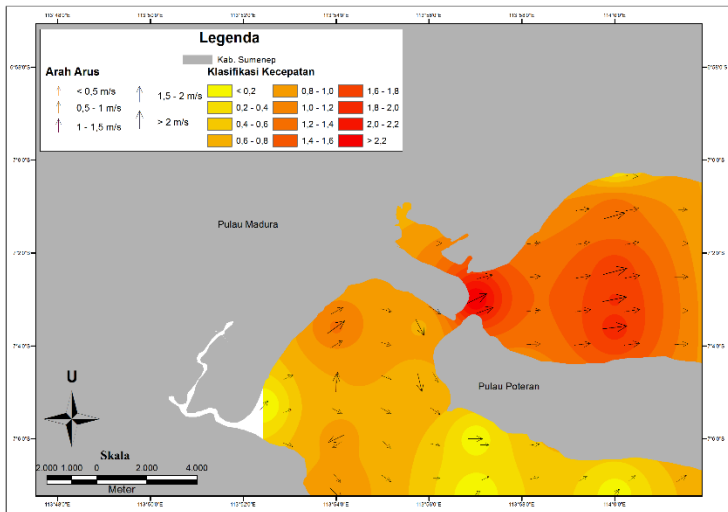
Berikut adalah Peta Estimasi Sebaran arus di Perairan Tenggara Sumenep.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 11 Peta Estimasi Sebaran Arus (a) 4 Februari 2016,
(b) 16 April 2016, (c) 25 April 2016

Pada gambar 4.11 tersebut menjelaskan bahwa tiap data pengamatan pada tanggal yang berbeda memiliki karakteristik arus yang berbeda pula. Pada tanggal 4 Februari 2016, arah arus berhembus dari timur dan cenderung ke bawah atau ke arah selatan dengan sebagian besar kecepatan kurang dari 0,3 m/s. Sementara pada tanggal 16 April 2016, arah arus berhembus dari Selatan dan cenderung ke arah Timur Laut ataupun Timur, selain itu arus pada selat antara Pulau Poteran dan Pulau Madura memiliki arah ke Timur Laut. Dari peta estimasi sebaran arus tersebut dapat diketahui juga kecepatan dominan kurang dari 0,2 m/s. Sementara pada data tanggal 25 April 2016, arah arus dari Selatan dan Tenggara berhembus ke Timur namun relatif tidak teratur, dengan kecepatan rata-rata antara 0,5 m/s sampai 2,0 m/s.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1
Data *In-situ* Perairan Tenggara Sumenep

FORM 1 PENGUKURAN ARUS

Lembar ke- : 1

Koordinat : 0825654;9219055
Tempat : Poteran Barat Laut

Cuaca : cerah berawan
Pencatat : rendi

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Kedalaman (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
1	22-Apr-16	9:39:00	15	1,5	Mendung	0,2	240
2	22-Apr-16	-	15	1,5	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:13:00	15	1,5	Mendung	0,4	260
4	22-Apr-16	12:53:00	15	1,5	Cerah	0,3	250
5	22-Apr-16	13:05:00	15	1,5	Cerah	0,1	240
6	22-Apr-16	14:05:00	15	1,5	Cerah	0,3	240
7	22-Apr-16	15:50:00	15	1,5	Cerah	0,4	250
8	22-Apr-16	16:15:00	15	1,5	Cerah	0,3	280
9	22-Apr-16	17:45:00	15	1,5	Cerah	0,4	260
10	22-Apr-16	18:05:00	15	1,5	Cerah	0,2	160
11	22-Apr-16	19:35:00	15	1,5	Cerah	0,9	170
12	22-Apr-16	20:03:00	15	1,5	Cerah	0,6	330
13	22-Apr-16	21:40:00	15	1,5	Cerah	0,5	350
14	22-Apr-16	22:00:00	15	1,5	Cerah	0,3	35
15	22-Apr-16	23:30:00	15	1,5	Cerah	0,4	330
16	23-Apr-16	0:02:00	15	1,5	Cerah	0,1	80
17	23-Apr-16	1:31:00	15	1,5	Cerah	0,4	335
18	23-Apr-16	2:01:00	15	1,5	Cerah	0,1	66
19	23-Apr-16	3:45:00	15	1,5	Cerah	0,1	265
20	23-Apr-16	4:25:00	15	1,5	Cerah	0,1	260
21	23-Apr-16	5:58:00	15	1,5	Cerah	0,4	229
22	23-Apr-16	6:26:00	15	1,5	Mendung	0,1	244
23	23-Apr-16	7:58:00	15	1,5	Hujan	0,3	165
24	23-Apr-16	8:03:00	15	1,5	Mendung	0,3	185

FORM 1 PENGUKURAN ARUS

Lembar ke- : 2

Koordinat : 0825316;9218830
Tempat : Poteran Barat Laut

Cuaca : cerah berawan
Pencatat : rendi

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Kedalaman (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:34:00	15	1,5	Mendung	0,1	250
2	22-Apr-16	-	15	1,5	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:16:00	15	1,5	Mendung	0,2	240
4	22-Apr-16	12:49:00	15	1,5	Cerah	0,3	260
5	22-Apr-16	13:09:00	15	1,5	Cerah	0,1	280
6	22-Apr-16	14:12:00	15	1,5	Cerah	0,2	230
7	22-Apr-16	15:40:00	15	1,5	Cerah	0,2	290
8	22-Apr-16	16:24:00	15	1,5	Cerah	0,4	280
9	22-Apr-16	17:35:00	15	1,5	Cerah	0,7	240
10	22-Apr-16	18:10:00	15	1,5	Cerah	0,3	140
11	22-Apr-16	19:27:00	15	1,5	Cerah	0,6	256
12	22-Apr-16	20:14:00	15	1,5	Cerah	0,4	280
13	22-Apr-16	21:30:00	15	1,5	Cerah	0,5	330
14	22-Apr-16	22:15:00	15	1,5	Cerah	0,4	10
15	22-Apr-16	23:23:00	15	1,5	Cerah	0,6	47
16	23-Apr-16	0:10:00	15	1,5	Cerah	0,5	80
17	23-Apr-16	1:25:00	15	1,5	Cerah	0,3	320
18	23-Apr-16	2:10:00	15	1,5	Cerah	0,6	37
19	23-Apr-16	3:38:00	15	1,5	Cerah	0,3	260
20	23-Apr-16	4:36:00	15	1,5	Cerah	0,3	245
21	23-Apr-16	5:55:00	15	1,5	Cerah	0,5	238
22	23-Apr-16	6:35:00	15	1,5	Mendung	0,1	252
23	23-Apr-16	7:50:00	15	1,5	Hujan	0,3	185
24	23-Apr-16	8:10:00	15	1,5	Mendung	0,2	221

FORM 1 PENGUKURAN ARUS

Lembar ke- : 3

Koordinat : 0824678;9218416
Tempat : Poteran Barat Daya

Cuaca : Cerah
Pencatat : Tepe

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Kedalaman (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:22:00	15	1,5	Mendung	0,1	250
2	22-Apr-16	-	15	1,5	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:23:00	15	1,5	Mendung	0,6	260
4	22-Apr-16	12:38:00	15	1,5	Cerah	0,1	300
5	22-Apr-16	13:25:00	15	1,5	Cerah	0,2	280
6	22-Apr-16	14:25:00	15	1,5	Cerah	0,4	270
7	22-Apr-16	15:30:00	15	1,5	Cerah	0,4	220
8	22-Apr-16	16:30:00	15	1,5	Cerah	0,4	230
9	22-Apr-16	17:23:00	15	1,5	Cerah	0,7	270
10	22-Apr-16	18:20:00	15	1,5	Cerah	0,6	140
11	22-Apr-16	19:10:00	15	1,5	Cerah	0,6	260
12	22-Apr-16	20:30:00	15	1,5	Cerah	0,5	290
13	22-Apr-16	21:15:00	15	1,5	Cerah	0,4	20
14	22-Apr-16	22:25:00	15	1,5	Cerah	0,6	47
15	22-Apr-16	23:10:00	15	1,5	Cerah	0,7	300
16	23-Apr-16	0:25:00	15	1,5	Cerah	0,5	50
17	23-Apr-16	1:17:00	15	1,5	Cerah	0,1	338
18	23-Apr-16	2:21:00	15	1,5	Cerah	0,6	52
19	23-Apr-16	3:21:00	15	1,5	Cerah	0,1	230
20	23-Apr-16	4:43:00	15	1,5	Cerah	0,4	275
21	23-Apr-16	5:34:00	15	1,5	Cerah	0,3	243
22	23-Apr-16	6:42:00	15	1,5	Mendung	0,2	212
23	23-Apr-16	7:40:00	15	1,5	Hujan	0,1	191
24	23-Apr-16	8:22:00	15	1,5	Mendung	0,1	201

FORM 1 PENGUKURAN ARUS

Lembar ke- : 4

Koordinat : 0824071;9217891
Tempat : Poteran Barat Daya

Cuaca : Cerah
Pencatat : Tepe

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Kedalaman (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:15:00	14	1,5	Mendung	0,1	270
2	22-Apr-16	-	14	1,5	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:23:00	14	1,5	Mendung	0,3	240
4	22-Apr-16	12:32:00	14	1,5	Cerah	0,2	300
5	22-Apr-16	13:40:00	14	1,5	Cerah	0,3	250
6	22-Apr-16	14:40:00	14	1,5	Cerah	0,3	260
7	22-Apr-16	15:15:00	14	1,5	Cerah	0,2	260
8	22-Apr-16	16:38:00	14	1,5	Cerah	0,3	230
9	22-Apr-16	17:13:00	14	1,5	Cerah	0,3	210
10	22-Apr-16	18:25:00	14	1,5	Cerah	0,3	140
11	22-Apr-16	19:05:00	14	1,5	Cerah	0,6	280
12	22-Apr-16	20:44:00	14	1,5	Cerah	0,5	300
13	22-Apr-16	21:08:00	14	1,5	Cerah	0,3	40
14	22-Apr-16	22:30:00	14	1,5	Cerah	0,2	20
15	22-Apr-16	23:00:00	14	1,5	Cerah	0,3	340
16	23-Apr-16	0:35:00	14	1,5	Cerah	0,3	50
17	23-Apr-16	1:04:00	14	1,5	Cerah	0,1	290
18	23-Apr-16	2:29:00	14	1,5	Cerah	0,2	16
19	23-Apr-16	3:04:00	14	1,5	Cerah	0,1	250
20	23-Apr-16	4:50:00	14	1,5	Cerah	0,2	220
21	23-Apr-16	5:16:00	14	1,5	Cerah	0,4	244
22	23-Apr-16	6:50:00	14	1,5	Mendung	0,1	271
23	23-Apr-16	7:15:00	14	1,5	Hujan	0,2	201
24	23-Apr-16	8:35:00	14	1,5	Mendung	0,2	220

FORM 2 PENGUKURAN ANGIN

Lembar ke- : 1

Koordinat : 0825654;9219055
Tempat : Poteran Barat Laut

Cuaca : cerah berawan
Pencatat : Fristama

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Ketinggian (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:39:00	15	1,7	Mendung	0,9	250
2	22-Apr-16	-	15	1,7	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:13:00	15	1,7	Mendung	2,1	280
4	22-Apr-16	12:53:00	15	1,7	Cerah	0,6	260
5	22-Apr-16	13:05:00	15	1,7	Cerah	0,5	280
6	22-Apr-16	14:05:00	15	1,7	Cerah	0,2	240
7	22-Apr-16	15:45:00	15	1,7	Cerah	0,1	320
8	22-Apr-16	16:12:00	15	1,7	Cerah	0,1	210
9	22-Apr-16	17:42:00	15	1,7	Cerah	0,1	280
10	22-Apr-16	18:05:00	15	1,7	Cerah	0	250
11	22-Apr-16	19:30:00	15	1,7	Cerah	0,1	260
12	22-Apr-16	20:00:00	15	1,7	Cerah	0	220
13	22-Apr-16	21:45:00	15	1,7	Cerah	0,1	200
14	22-Apr-16	22:00:00	15	1,7	Cerah	0,2	154
15	22-Apr-16	23:35:00	15	1,7	Cerah	0,1	280
16	23-Apr-16	0:00:00	15	1,7	Cerah	0,1	290
17	23-Apr-16	1:31:00	15	1,7	Cerah	0	280
18	23-Apr-16	2:01:00	15	1,7	Cerah	0,1	320
19	23-Apr-16	3:45:00	15	1,7	Cerah	0,2	345
20	23-Apr-16	4:25:00	15	1,7	Cerah	0,1	310
21	23-Apr-16	5:58:00	15	1,7	Cerah	0,1	324
22	23-Apr-16	6:26:00	15	1,7	Mendung	0,7	66
23	23-Apr-16	7:58:00	15	1,7	Hujan	1,3	350
24	23-Apr-16	8:03:00	15	1,7	Mendung	0,3	250

FORM 2 PENGUKURAN ANGIN

Lembar ke- : 2

Koordinat : 0825316;9218830
Tempat : Poteran Barat Laut

Cuaca : cerah berawan
Pencatat : Fristama

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Ketinggian (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:29:00	15	1,7	Mendung	0,6	260
2	22-Apr-16	-	15	1,7	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:19:00	15	1,7	Mendung	0,8	270
4	22-Apr-16	12:51:00	15	1,7	Cerah	0,4	250
5	22-Apr-16	13:09:00	15	1,7	Cerah	0,3	270
6	22-Apr-16	14:15:00	15	1,7	Cerah	0	300
7	22-Apr-16	15:40:00	15	1,7	Cerah	1,2	310
8	22-Apr-16	16:20:00	15	1,7	Cerah	0,2	280
9	22-Apr-16	17:30:00	15	1,7	Cerah	0,2	280
10	22-Apr-16	18:10:00	15	1,7	Cerah	0	260
11	22-Apr-16	19:25:00	15	1,7	Cerah	0,1	284
12	22-Apr-16	20:14:00	15	1,7	Cerah	0	240
13	22-Apr-16	21:30:00	15	1,7	Cerah	0,2	220
14	22-Apr-16	22:15:00	15	1,7	Cerah	0,3	190
15	22-Apr-16	23:20:00	15	1,7	Cerah	0,2	263
16	22-Apr-16	0:15:00	15	1,7	Cerah	0,1	300
17	23-Apr-16	1:25:00	15	1,7	Cerah	0,1	319
18	23-Apr-16	2:10:00	15	1,7	Cerah	0,2	300
19	23-Apr-16	3:38:00	15	1,7	Cerah	0,2	335
20	23-Apr-16	4:36:00	15	1,7	Cerah	0,1	320
21	23-Apr-16	5:55:00	15	1,7	Cerah	0,2	294
22	23-Apr-16	6:35:00	15	1,7	Mendung	0,4	86
23	23-Apr-16	7:50:00	15	1,7	Hujan	1,1	235
24	23-Apr-16	8:22:00	15	1,7	Mendung	0,2	210

FORM 2 PENGUKURAN ANGIN

Lembar ke- : 3

Koordinat : 0824678;9218416
Tempat : Poteran Barat Daya

Cuaca : cerah
Pencatat : muflih

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Ketinggian (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:22:00	15	1,7	Mendung	0,7	250
2	22-Apr-16	-	15	1,7	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:23:00	15	1,7	Mendung	0,9	290
4	22-Apr-16	12:38:00	15	1,7	Cerah	0,3	260
5	22-Apr-16	13:25:00	15	1,7	Cerah	0,2	280
6	22-Apr-16	14:25:00	15	1,7	Cerah	0,9	320
7	22-Apr-16	15:30:00	15	1,7	Cerah	0,4	300
8	22-Apr-16	16:30:00	15	1,7	Cerah	0,2	240
9	22-Apr-16	17:23:00	15	1,7	Cerah	0,1	300
10	22-Apr-16	18:20:00	15	1,7	Cerah	0	230
11	22-Apr-16	19:10:00	15	1,7	Cerah	0,2	311
12	22-Apr-16	20:30:00	15	1,7	Cerah	0,1	240
13	22-Apr-16	21:15:00	15	1,7	Cerah	0,1	220
14	22-Apr-16	22:25:00	15	1,7	Cerah	0,2	240
15	22-Apr-16	23:10:00	15	1,7	Cerah	0,1	250
16	22-Apr-16	0:25:00	15	1,7	Cerah	0,2	310
17	23-Apr-16	1:17:00	15	1,7	Cerah	0,2	297
18	23-Apr-16	2:21:00	15	1,7	Cerah	0,1	350
19	23-Apr-16	3:21:00	15	1,7	Cerah	0,3	320
20	23-Apr-16	4:43:00	15	1,7	Cerah	0,2	345
21	23-Apr-16	5:34:00	15	1,7	Cerah	0,1	324
22	23-Apr-16	6:42:00	15	1,7	Mendung	0,5	48
23	23-Apr-16	7:40:00	15	1,7	Hujan	1,7	270
24	23-Apr-16	8:22:00	15	1,7	Mendung	0,4	235

FORM 2 PENGUKURAN ANGIN

Lembar ke- : 4

Koordinat : 0824071;9217891
Tempat : Poteran Barat Daya

Cuaca : cerah
Pencatat : muflih

No.	Tanggal	Jam	Elevasi Ellipsoide (m)	Ketinggian (m)	Cuaca	Kecepatan (m/s)	Arah (derajad)
1	22-Apr-16	9:15:00	14	1,7	Mendung	0,4	280
2	22-Apr-16	-	14	1,7	Hujan	-	-
3	22-Apr-16	11:23:00	14	1,7	Mendung	0,6	300
4	22-Apr-16	12:32:00	14	1,7	Cerah	0,2	270
5	22-Apr-16	13:40:00	14	1,7	Cerah	0,2	260
6	22-Apr-16	14:40:00	14	1,7	Cerah	1,8	280
7	22-Apr-16	15:15:00	14	1,7	Cerah	1,5	270
8	22-Apr-16	16:30:00	14	1,7	Cerah	0,1	220
9	22-Apr-16	17:13:00	14	1,7	Cerah	0,2	300
10	22-Apr-16	18:25:00	14	1,7	Cerah	0,1	260
11	22-Apr-16	19:05:00	14	1,7	Cerah	0,1	300
12	22-Apr-16	20:44:00	14	1,7	Cerah	0,1	270
13	22-Apr-16	21:08:00	14	1,7	Cerah	0,1	250
14	22-Apr-16	22:30:00	14	1,7	Cerah	0,1	260
15	22-Apr-16	23:00:00	14	1,7	Cerah	0,2	240
16	22-Apr-16	0:35:00	14	1,7	Cerah	0,1	310
17	23-Apr-16	1:04:00	14	1,7	Cerah	0,1	319
18	23-Apr-16	2:29:00	14	1,7	Cerah	0,1	340
19	23-Apr-16	3:04:00	14	1,7	Cerah	0,1	310
20	23-Apr-16	4:50:00	14	1,7	Cerah	0,1	5
21	23-Apr-16	5:16:00	14	1,7	Cerah	0,1	346
22	23-Apr-16	6:50:00	14	1,7	Mendung	0,4	357
23	23-Apr-16	7:15:00	14	1,7	Hujan	0,9	350
24	23-Apr-16	8:35:00	14	1,7	Mendung	0,3	270

Lampiran 2
Data Pemodelan Arus dan Angin BMKG Bulan
Januari-April 2016



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ARUS PADA KOORDINAT 7°42.05"LS dan 113°55'48.33"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	67	4,6	202	16,4	244	16,1	176	4,0
2	19	4,0	216	18,2	250	9,7	157	3,1
3	73	1,3	179	24,1	186	7,0	47	7,9
4	1	4,1	174	7,0	169	9,7	9	10,1
5	16	6,7	189	10,0	181	6,0	23	5,3
6	2	7,3	181	6,9	179	2,0	88	3,3
7	1	5,6	186	7,1	158	3,5	25	2,3
8	355	4,2	167	9,8	180	1,8	13	1,1
9	352	3,6	161	11,2	349	2,7	23	2,4
10	4	6,3	168	27,8	348	3,7	151	7,2
11	15	8,8	176	35,6	360	3,8	175	3,5
12	16	14,0	212	12,2	190	7,4	41	5,8
13	9	15,7	217	3,0	176	8,8	149	8,5
14	9	11,5	140	2,9	177	12,3	116	8,4
15	8	11,3	171	2,5	169	12,7	133	8,0
16	22	10,2	216	2,3	250	17,6	152	5,4
17	16	3,8	182	4,0	168	11,0	31	6,9
18	13	2,4	171	2,6	183	8,6	15	14,4
19	312	1,8	157	3,1	174	2,0	14	11,7
20	223	2,0	169	3,2	59	1,9	19	10,3
21	195	10,0	100	1,8	1	1,2	7	14,6
22	196	4,0	172	9,9	26	0,9	29	19,8
23	294	4,4	169	13,8	196	4,2	6	25,2
24	216	11,4	177	14,2	181	3,6	9	25,1
25	218	8,5	169	24,1	170	1,3	15	28,8
26	252	5,3	181	26,8	300	1,2	5	16,9
27	204	9,8	181	24,8	170	4,0	358	10,7
28	241	6,3	195	24,5	175	4,7	6	19,8
29	254	4,9	205	26,5	164	4,0		
30	232	11,3			169	6,7		
31	253	12,1			171	4,8		

Catatan : Kecepatan Arus Dalam cm/s, Arah Arus Dalam Derajat

Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ANGIN PADA KOORDINAT 7°4'2.05"LS dan 113°55'48.33"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	80	4,2	288	8,9	269	10,5	36	2,8
2	75	3,3	275	8,7	269	8,2	78	4,0
3	33	2,8	251	5,3	289	3,1	111	6,6
4	8	3,8	334	4,2	26	1,9	112	5,3
5	91	4,8	307	4,3	322	3,7	79	4,6
6	81	3,5	258	3,4	307	1,7	98	3,9
7	44	2,7	271	4,7	21	2,8	59	4,6
8	20	2,1	331	2,3	312	2,4	41	2,5
9	28	2,7	113	4,4	353	3,9	88	3,6
10	98	3,8	45	4,1	351	4,3	79	4,4
11	101	5,2	288	7,2	7	3,6	90	4,3
12	95	6,3	299	7,9	294	3,8	94	5,4
13	99	6,4	278	3,5	320	4,3	105	5,8
14	92	6,1	77	3,2	301	4,6	123	7,7
15	98	5,2	24	2,4	284	2,9	91	6,6
16	84	4,9	273	4,2	267	1,7	90	5,0
17	87	3,7	293	2,6	323	2,7	84	6,5
18	33	3,6	330	3,2	300	5,1	101	6,4
19	311	3,5	358	3,4	321	2,3	99	7,3
20	287	3,5	347	3,6	47	2,9	108	7,3
21	301	5,8	45	2,3	3	2,9	110	6,7
22	342	4,9	309	3,4	17	2,7	107	8,2
23	329	6,2	227	1,6	311	4,2	114	7,9
24	277	7,3	276	3,2	313	3,0	107	8,8
25	297	6,8	341	2,2	63	2,6	115	9,5
26	284	5,0	281	5,9	331	3,7	107	4,3
27	317	7,0	285	6,7	40	2,4	96	2,8
28	316	7,7	281	9,3	316	2,6	103	6,7
29	297	6,7	287	11,8	11	3,4		
30	299	9,2			39	2,8		
31	298	8,9			68	2,7		

Catatan : Kecepatan Angin Dalam Knot, Arah Angin Dalam Derajat

Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ARUS PADA KOORDINAT 7°3'20.53"LS dan 113°58'24.09"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	72	5,6	198	19,7	249	20,4	170	5,4
2	16	4,8	216	21,8	255	12,1	152	4,5
3	77	1,6	170	30,7	179	8,9	48	9,5
4	356	5,0	166	8,9	161	12,9	2	12,5
5	10	8,2	184	12,7	173	7,8	19	6,3
6	355	9,3	173	8,8	171	2,7	95	4,4
7	354	7,1	178	8,8	149	4,7	23	2,6
8	348	5,5	159	13,4	173	2,4	11	1,4
9	344	4,6	153	15,8	343	3,4	18	3,2
10	357	8,0	161	35,1	343	4,9	146	10,1
11	10	10,6	166	43,4	353	4,7	170	4,7
12	11	17,2	210	14,8	184	9,4	42	7,4
13	2	19,4	217	3,7	168	11,5	144	12,3
14	3	14,0	136	4,1	169	16,0	116	12,3
15	1	14,1	164	3,4	161	17,0	131	11,6
16	19	12,6	215	2,8	256	23,7	150	6,5
17	11	4,5	174	5,1	160	14,8	29	8,0
18	9	2,9	164	3,5	174	10,9	10	17,8
19	312	2,3	148	4,2	166	2,6	8	14,0
20	223	2,6	160	4,2	66	2,5	15	12,2
21	189	12,3	102	2,4	358	1,5	0	18,1
22	191	5,0	163	13,1	25	1,1	26	24,4
23	296	6,0	161	18,4	185	5,2	359	31,5
24	216	13,8	169	18,8	174	4,7	3	30,9
25	218	10,2	161	31,7	165	1,7	9	34,7
26	258	6,9	172	33,8	297	1,6	359	21,5
27	200	11,9	173	31,4	163	5,4	352	13,9
28	243	7,8	189	29,5	168	6,2	359	24,8
29	258	6,6	201	31,8	156	5,5		
30	235	13,8			161	9,1		
31	258	15,0			164	6,5		

Catatan : Kecepatan Arus Dalam cm/s, Arah Arus Dalam Derajat

Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ANGIN PADA KOORDINAT 7°3'20.53"LS dan 113°58'24.09"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	80	4,3	287	9,1	269	10,9	38	2,9
2	76	3,4	275	8,9	269	8,4	79	4,1
3	35	2,8	251	5,4	290	3,2	111	6,8
4	7	3,8	335	4,3	28	1,9	112	5,5
5	92	5,0	306	4,5	321	3,8	80	4,8
6	83	3,6	259	3,5	309	1,8	99	4,1
7	46	2,8	272	4,8	22	2,9	60	4,8
8	22	2,2	341	2,4	313	2,4	40	2,5
9	30	2,8	113	4,7	354	3,9	88	3,7
10	99	4,0	45	4,3	351	4,4	80	4,6
11	101	5,5	289	7,5	7	3,7	90	4,4
12	95	6,5	300	8,2	294	3,9	95	5,6
13	99	6,6	278	3,7	320	4,4	104	6,0
14	93	6,3	77	3,4	301	4,7	123	8,0
15	99	5,3	24	2,5	283	2,9	91	6,8
16	84	5,1	273	4,3	268	1,7	91	5,1
17	88	3,9	294	2,6	323	2,7	84	6,7
18	35	3,7	330	3,3	300	5,2	100	6,7
19	311	3,6	358	3,5	320	2,4	99	7,6
20	287	3,6	347	3,7	48	3,0	108	7,6
21	301	6,0	45	2,3	4	3,0	110	6,9
22	341	5,1	308	3,5	18	2,7	107	8,5
23	329	6,4	226	1,7	312	4,3	114	8,2
24	277	7,6	275	3,3	315	3,1	108	9,1
25	297	7,0	347	2,3	63	2,6	116	9,9
26	284	5,2	281	6,0	331	3,7	107	4,5
27	318	7,2	285	6,8	45	2,4	97	2,8
28	316	7,9	281	9,5	316	2,7	104	6,9
29	297	6,9	287	12,2	11	3,4		
30	299	9,5			39	2,9		
31	299	9,1			67	2,8		

Catatan : Kecepatan Angin Dalam Knot, Arah Angin Dalam Derajat

Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ANGIN PADA KOORDINAT 7°3'20.82"LS dan 113°56'50.94"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	80	4,2	288	9,0	269	10,8	37	2,8
2	75	3,4	275	8,8	269	8,3	79	4,1
3	34	2,8	251	5,4	289	3,2	111	6,7
4	8	3,8	334	4,3	26	1,9	112	5,4
5	91	4,9	306	4,4	321	3,8	79	4,7
6	82	3,6	259	3,5	308	1,8	98	4,0
7	45	2,8	271	4,8	21	2,9	59	4,7
8	21	2,1	336	2,4	313	2,4	41	2,5
9	29	2,8	113	4,6	354	3,9	87	3,7
10	99	3,9	45	4,2	351	4,3	80	4,5
11	101	5,4	288	7,4	7	3,7	90	4,4
12	95	6,5	300	8,1	294	3,9	95	5,5
13	99	6,5	278	3,6	320	4,4	105	5,9
14	93	6,2	77	3,3	301	4,6	123	7,9
15	98	5,3	24	2,4	284	2,9	91	6,7
16	84	5,0	273	4,3	267	1,7	91	5,1
17	87	3,8	294	2,6	323	2,7	84	6,7
18	34	3,6	330	3,2	300	5,2	100	6,6
19	311	3,6	358	3,5	320	2,3	99	7,5
20	287	3,5	346	3,7	48	3,0	108	7,5
21	301	5,9	45	2,3	3	3,0	110	6,9
22	342	5,0	308	3,5	18	2,7	107	8,4
23	329	6,3	227	1,6	312	4,3	114	8,1
24	277	7,5	276	3,3	314	3,1	108	9,0
25	297	6,9	343	2,3	63	2,6	115	9,7
26	284	5,1	282	6,0	331	3,7	107	4,4
27	317	7,1	285	6,8	42	2,4	97	2,8
28	316	7,9	281	9,5	316	2,7	103	6,8
29	297	6,8	287	12,1	11	3,4		
30	299	9,4			39	2,9		
31	298	9,1			67	2,8		

Catatan : Kecepatan Angin Dalam Knot, Arah Angin Dalam Derajat

Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA

Jalan Kalimas Baru 97 B
Surabaya - 60165

TGM : KASMAR SURABAYA
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

Telp/Fax : (031) 3291439
Telp/Fax : (031) 3287123

DATA ARUS PADA KOORDINAT 7°3'20.82"LS dan 113°56'50.94"BT TAHUN 2016

TGL	Januari		Februari		Maret		April	
	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	77	5,4	193	19,1	254	22,7	163	6,3
2	9	4,7	217	20,4	260	12,8	147	5,5
3	73	1,5	155	33,4	168	9,1	52	8,9
4	345	4,7	155	9,4	150	14,0	353	12,0
5	1	7,5	176	13,1	163	8,3	13	5,6
6	343	9,3	161	9,0	161	2,9	111	5,0
7	342	7,2	167	8,5	138	5,2	15	1,9
8	338	5,9	146	14,7	164	2,7	2	1,5
9	332	4,6	141	18,2	329	3,5	6	3,4
10	346	8,0	149	40,6	333	5,2	139	11,9
11	3	10,1	151	49,0	342	4,7	167	5,6
12	3	16,6	209	15,3	172	9,6	44	8,0
13	352	18,9	219	3,9	156	12,2	134	14,7
14	352	13,1	126	4,9	156	16,7	111	15,2
15	350	13,7	154	3,8	149	18,7	126	13,9
16	13	12,3	216	2,8	261	26,0	147	6,0
17	3	4,1	162	5,2	148	16,1	27	6,9
18	359	2,8	151	3,8	161	10,8	2	17,5
19	307	2,5	136	4,6	154	2,7	358	12,7
20	226	2,7	149	4,5	74	2,6	8	10,8
21	183	12,4	99	2,6	349	1,5	351	18,0
22	187	5,5	150	13,9	20	1,0	23	23,9
23	292	6,8	149	19,8	169	4,9	347	31,5
24	216	14,2	157	19,9	163	4,9	353	30,0
25	218	10,3	149	35,9	158	2,0	0	35,7
26	261	7,7	159	37,3	282	1,6	349	22,4
27	197	12,3	160	32,5	152	6,1	344	14,8
28	245	8,6	181	28,6	157	6,7	349	24,6
29	260	7,8	197	32,4	147	6,3		
30	242	14,1			151	10,0		
31	263	16,0			154	7,4		

Catatan : Kecepatan Arus Dalam cm/s, Arah Arus Dalam Derajat

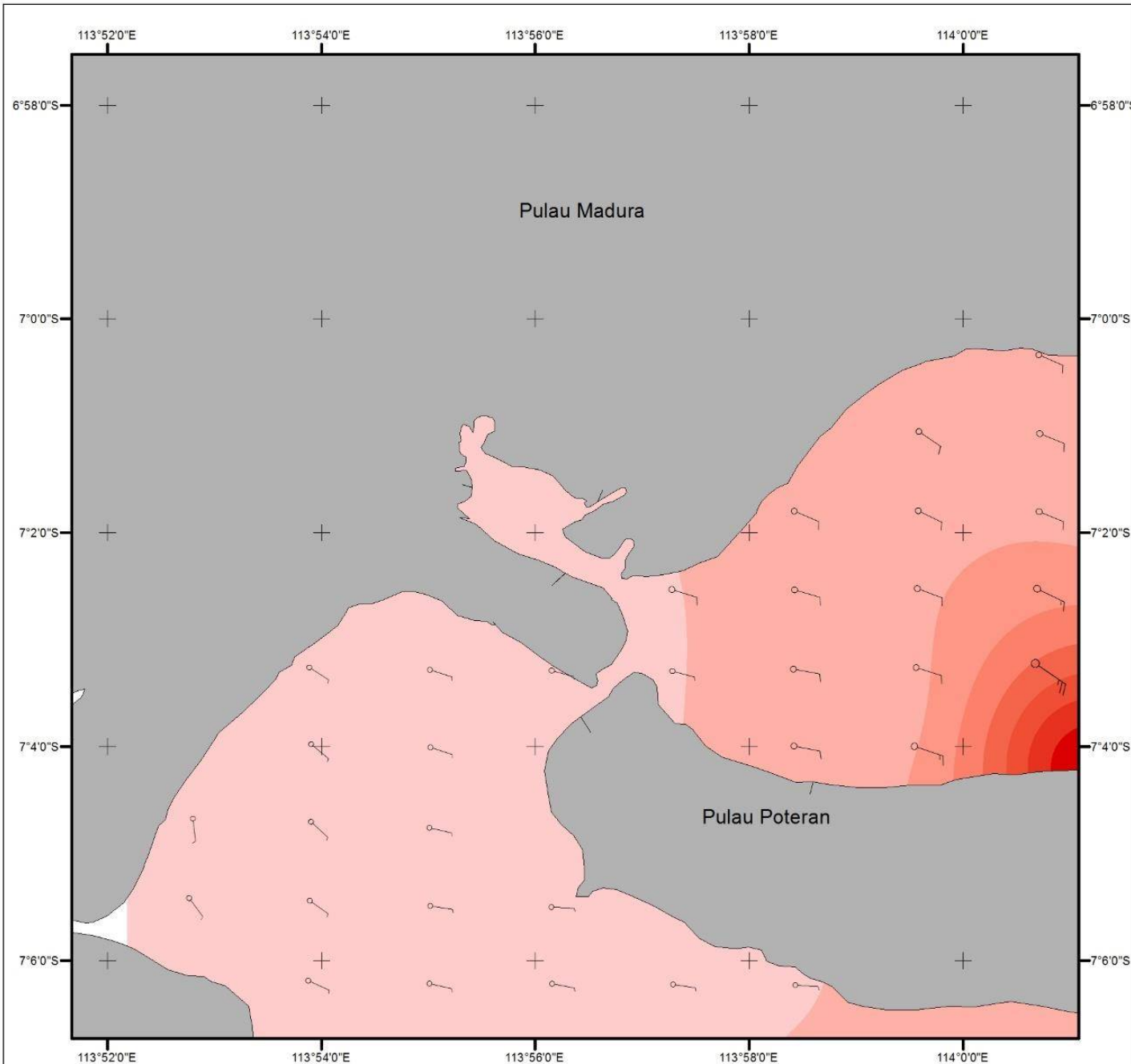
Surabaya, 28 April 2016
A.n Kasi Observasi & Informasi

Rembulan Jurnaliska
NIP.198901272012122001

Lampiran 3
Peta Estimasi Sebaran Angin dan Arus

PETA ESTIMASI SEBARAN ANGIN

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA



Tanggal : 4 Februari 2016

U

Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
 Sistem Koordinat : Geografis
 Datum : WGS 84
 Satuan Arus : m / s
 Satuan Arah : Derajat
 Satuan Tinggi : Meter
 Arah Angin : Bertiup Dari

Skala
 1:100.000

2.500 1.250 0 2.500 5.000

Meter

Legenda

Kabupaten Sumenep

Kecepatan Angin

< 1 m/s
 1 - 2 m/s
 2 - 3 m/s
 3 - 4 m/s
 4 - 5 m/s
 > 5 m/s

Klasifikasi Kecepatan

< 1 m/s
 1 - 2 m/s
 2 - 3 m/s
 3 - 4 m/s
 4 - 5 m/s
 5 - 6 m/s
 6 - 7 m/s
 > 7 m/s

Dibuat oleh :
 FRISTAMA ABRIANTO
 3512100018

Dosen Pembimbing :
 LALU MUHAMAD JAELANI, ST., M.Sc., Ph.D.

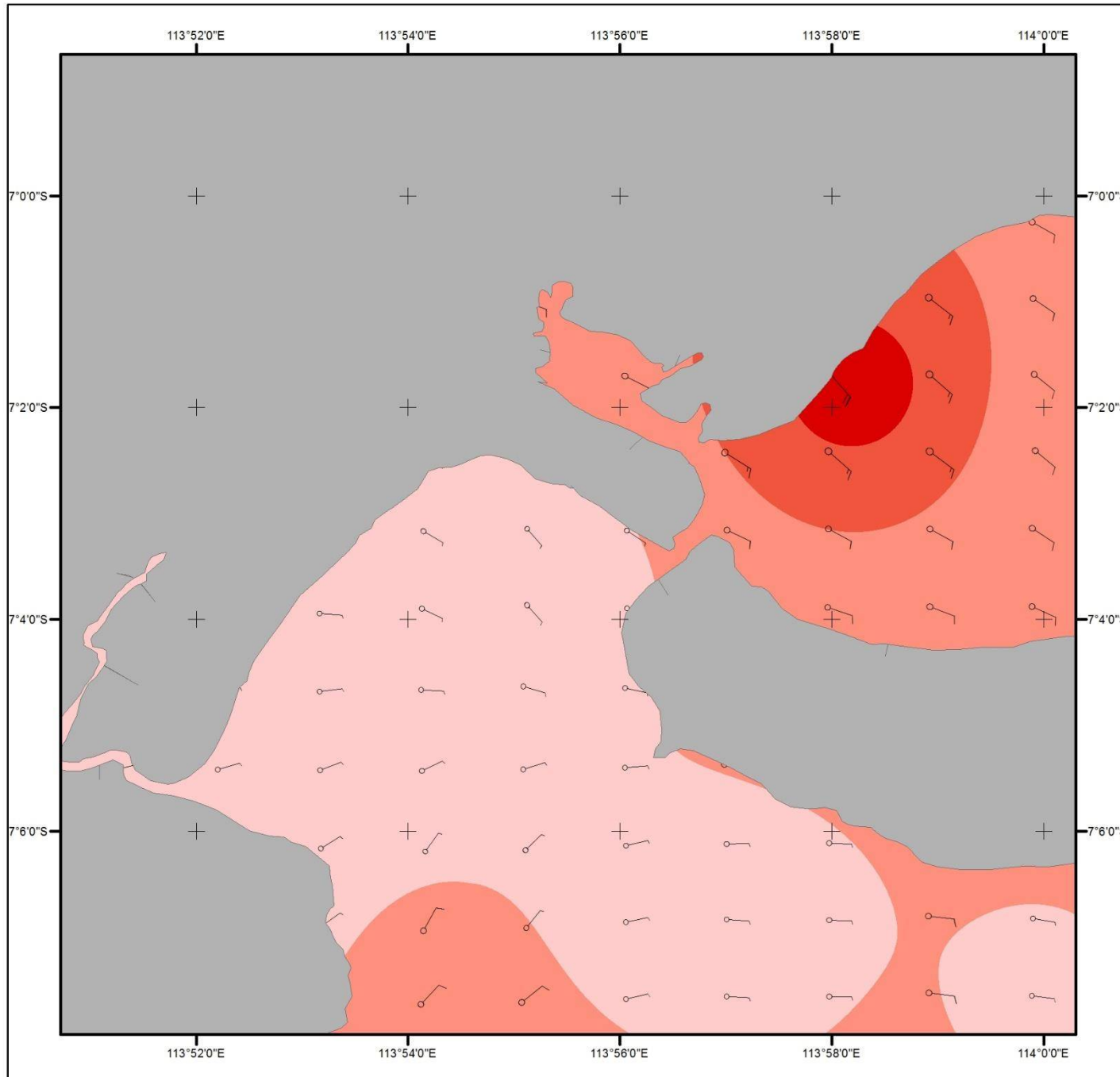
Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA



PETA ESTIMASI SEBARAN ANGIN

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA



Tanggal : 16 April 2016

Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
Sistem Koordinat : Geografis
Datum : WGS 84
Satuan Arus : m / s
Satuan Arah : Derajat
Satuan Tinggi : Meter
Arah Angin : Bertiup Dari



Skala

1:100.000

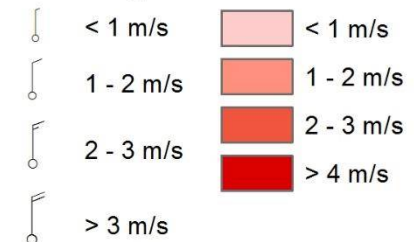
2.500 1.250 0 2.500 5.000

Meter

Legenda

Kabupaten Sumenep

Arah Angin Klasifikasi Kecepatan



Dibuat oleh :
FRISTAMA ABRIANTO
3512100018

Dosen Pembimbing :
LALU MUHAMAD JAELANI, ST., M.Sc., Ph.D.

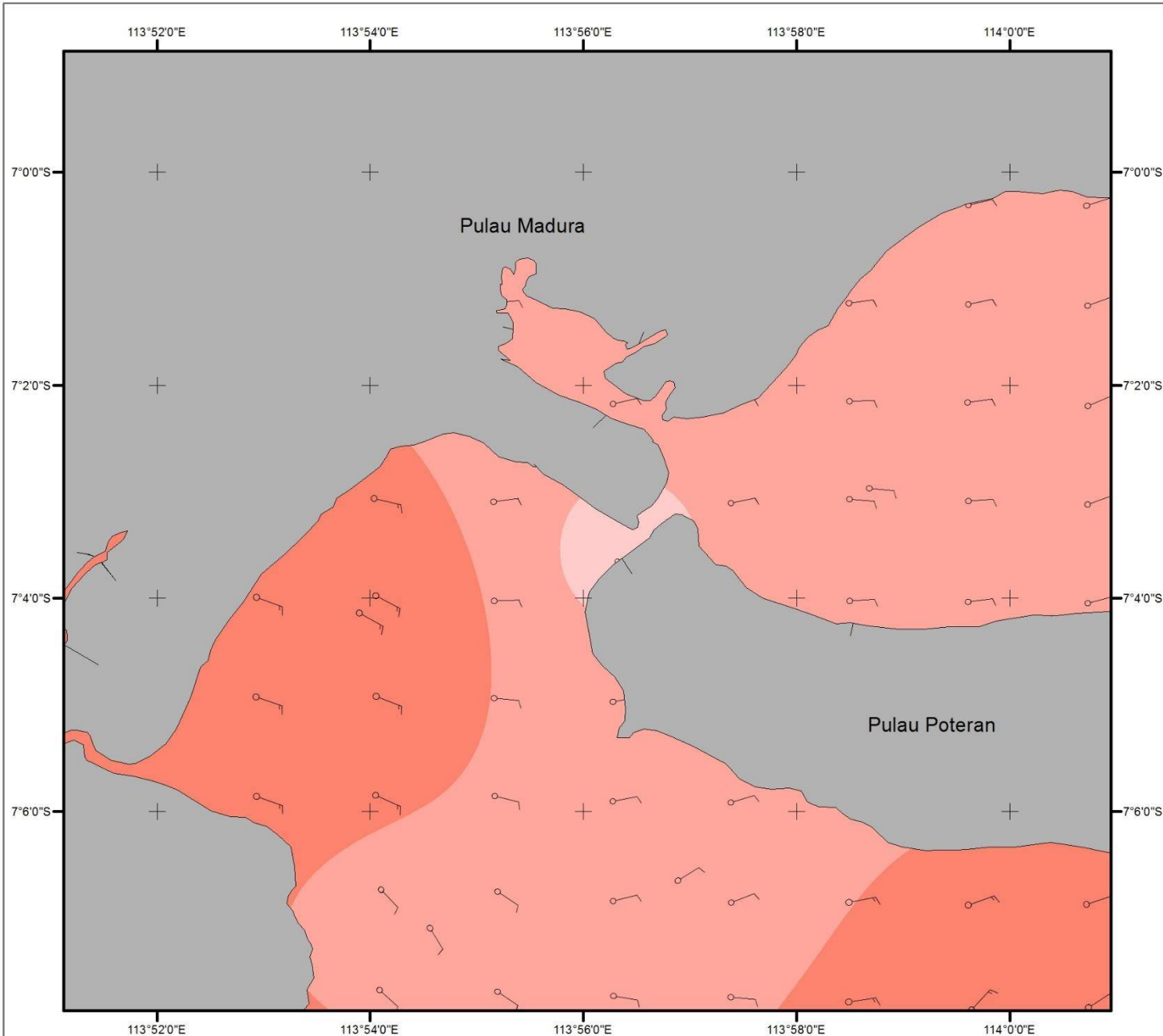
Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA



PETA ESTIMASI SEBARAN ANGIN

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA



U Tanggal : 25 April 2016

Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
 Sistem Koordinat : Geografis
 Datum : WGS 84
 Satuan Arus : m / s
 Satuan Arah : Derajat
 Satuan Tinggi : Meter
 Arah Angin : Bertiup Dari

Skala
 1:100.000

2.500 1.250 0 2.500 5.000

Meter

Legenda

	Kabupaten Sumenep
Kecepatan Angin Klasifikasi Kecepatan	
	< 2 m/s
	2 - 4 m/s
	4 - 6 m/s
	6 - 8 m/s
	8 - 10 m/s
	> 10 m/s
	< 2 m/s
	2 - 4 m/s
	4 - 6 m/s
	6 - 8 m/s
	8 - 10 m/s
	> 10 m/s

Dibuat oleh :
 FRISTAMA ABRIANTO
 3512100018

Dosen Pembimbing :
 LALU MUHAMAD JAE LANI, ST., M.Sc., Ph.D.

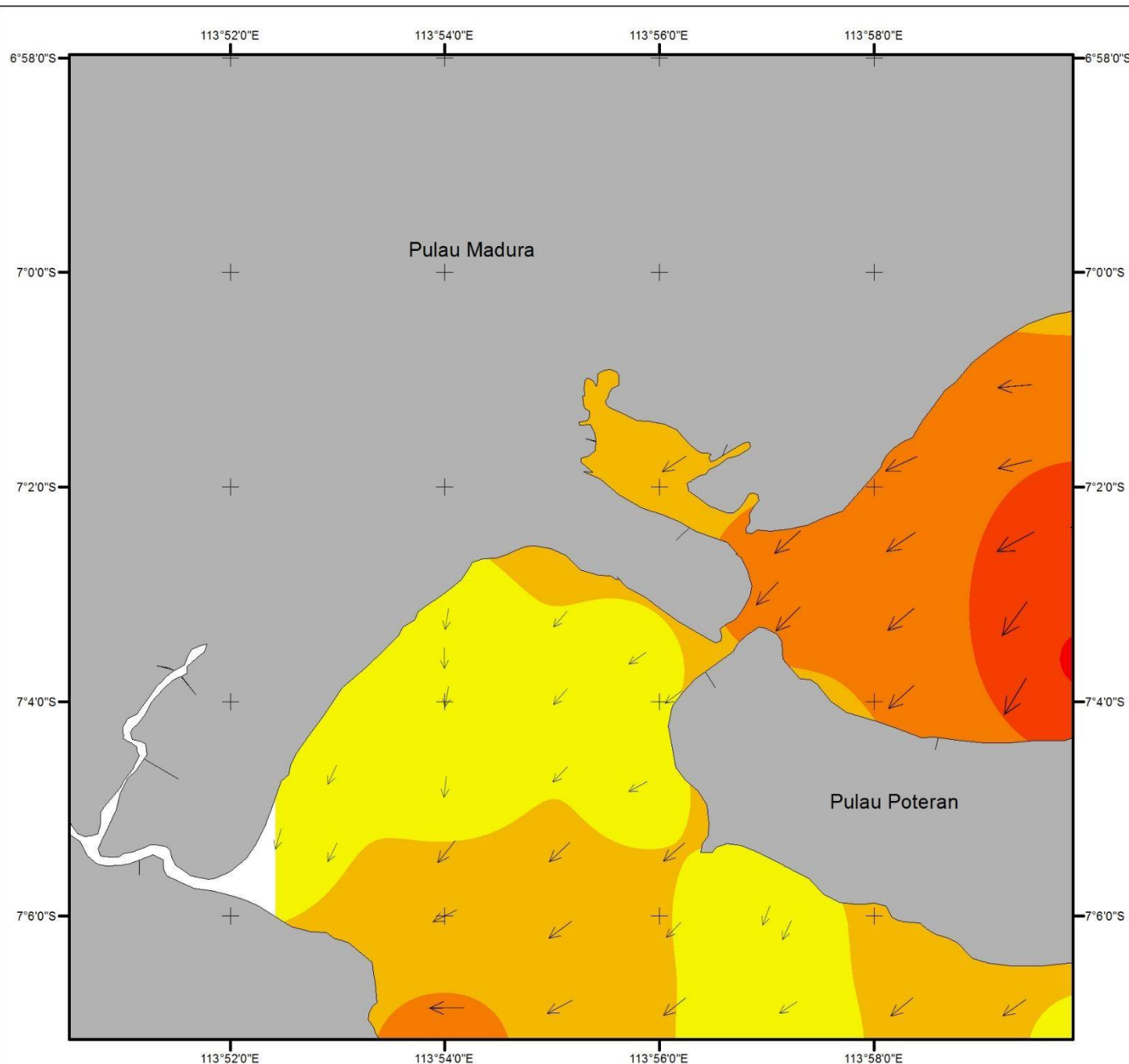
Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

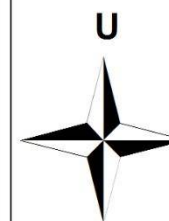


PETA ESTIMASI SEBARAN ARUS

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA

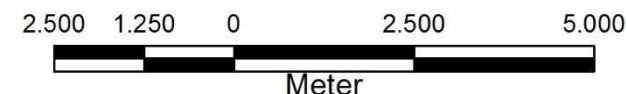


Tanggal : 4 Februari 2016



Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
Sistem Koordinat : Geografis
Datum : WGS 84
Satuan Arus : m / s
Satuan Arah : Derajat
Satuan Tinggi : Meter
Arah Angin : Bertiup Menuju

Skala
1:100.000



Legenda

Kab. SUMENEP

Arah Arus

↑ < 0,1 m/s
↑ 0,1 - 0,2 m/s
↑ 0,2 - 0,3 m/s
↑ > 0,3 m/s

Klasifikasi Kecepatan

< 0,1 m/s
 0,1 - 0,2 m/s
 0,2 - 0,3 m/s
 0,3 - 0,4 m/s
 > 0,4 m/s

Dibuat oleh :
FRISTAMA ABRIANTO
3512100018

Dosen Pembimbing :
LALU MUHAMAD JAELANI, ST., M.Sc., Ph.D.

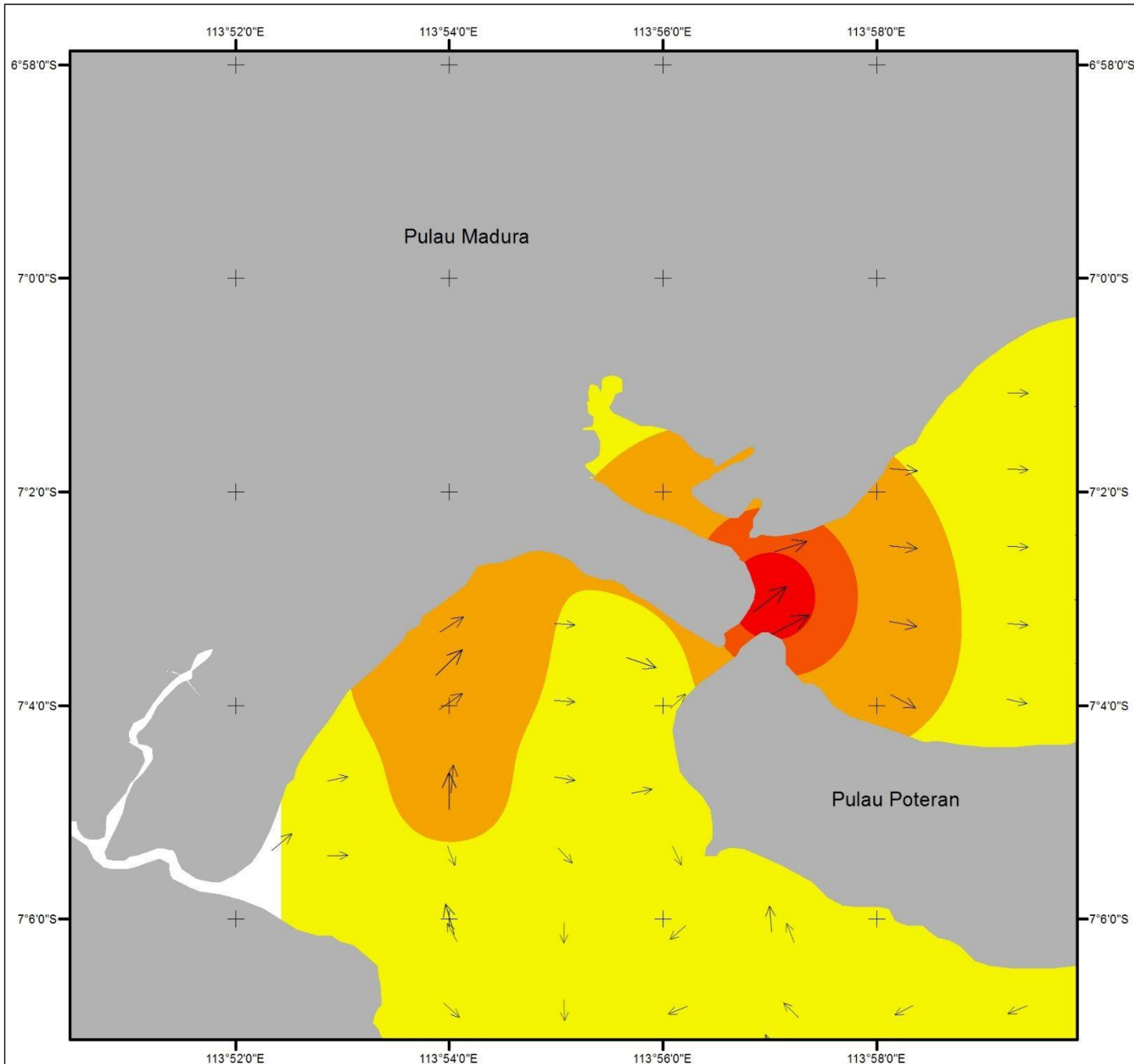
Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA



PETA ESTIMASI SEBARAN ARUS

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA



Tanggal : 16 April 2016

U

Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
 Sistem Koordinat : Geografis
 Datum : WGS 84
 Satuan Arus : m / s
 Satuan Arah : Derajat
 Satuan Tinggi : Meter
 Arah Angin : Bertiup Menuju

Skala
 1:100.000

2.500 1.250 0 2.500 5.000
 Meter

Legenda

Kab. Sumenep

Arah Arus

↑ < 0,1 m/s
 ↑ 0,1 - 0,2 m/s
 ↑ 0,2 - 0,3 m/s
 ↑ > 0,3 m/s

Klasifikasi Kecepatan

< 0,1 m/s
 0,1 - 0,2 m/s
 0,2 - 0,3 m/s
 > 0,3 m/s

Dibuat oleh :
 FRISTAMA ABRIANTO
 3512100018

Dosen Pembimbing :
 LALU MUHAMAD JAELENI, ST., M.Sc., Ph.D.

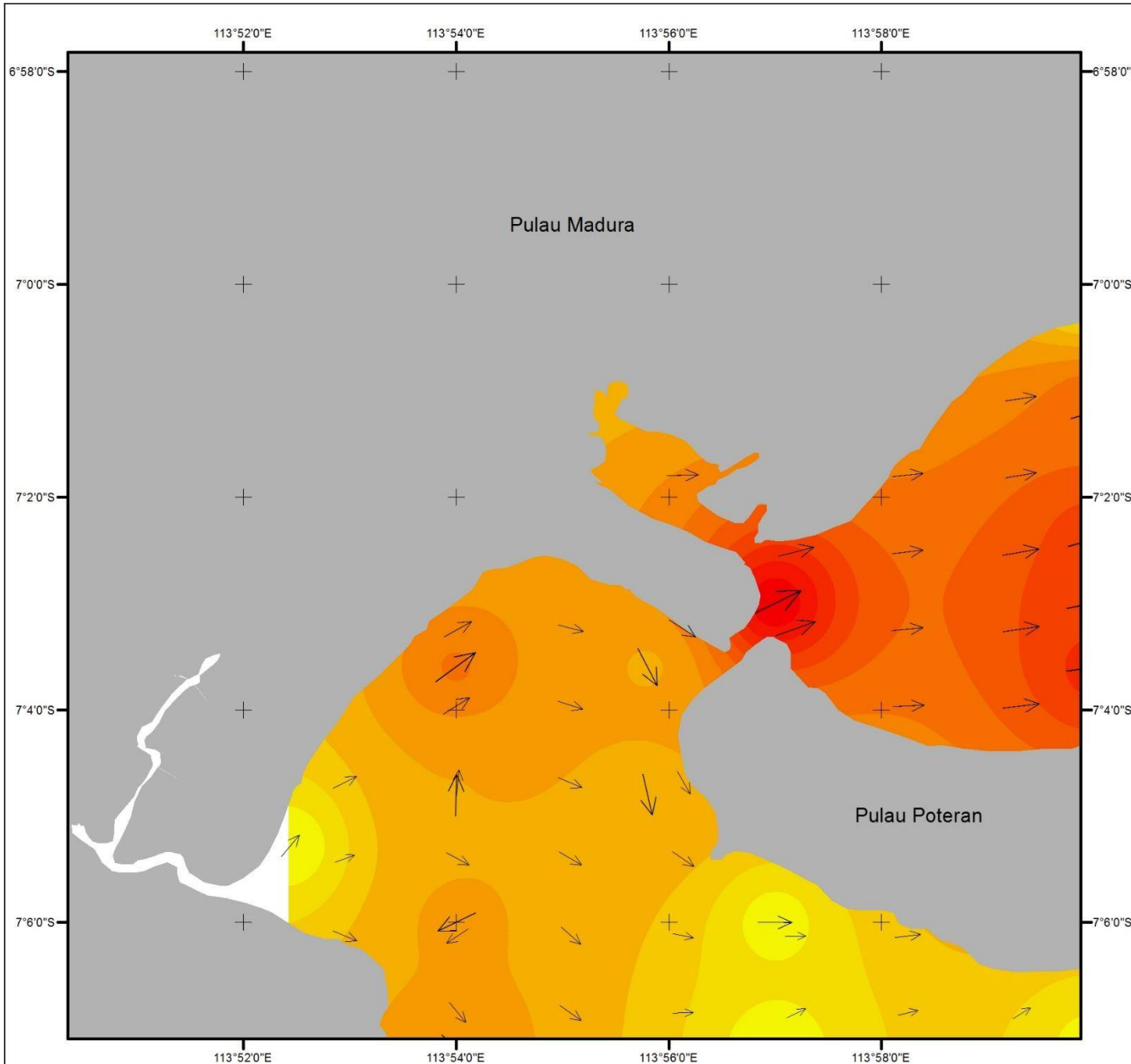
Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

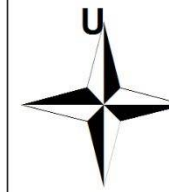


PETA ESTIMASI SEBARAN ARUS

PERAIRAN TENGGARA SUMENEP, MADURA



Tanggal : 25 April 2016



Sumber Data : Citra SAR Sentinel - 1
 Sistem Koordinat : Geografis
 Datum : WGS 84
 Satuan Arus : m / s
 Satuan Arah : Derajat
 Satuan Tinggi : Meter
 Arah Angin : Bertiup Menuju

Skala

1:100.000

2.500 1.250 0 2.500 5.000

Meter

Legenda

Kab. Sumenep

Arah Arus

Klasifikasi Kecepatan

↑ < 0,5 m/s	< 0,2	1,2 - 1,4
↑ 0,5 - 1 m/s	0,2 - 0,4	1,4 - 1,6
↑ 1 - 1,5 m/s	0,4 - 0,6	1,6 - 1,8
↑ 1,5 - 2 m/s	0,6 - 0,8	1,8 - 2,0
↑ 0,8 - 1,0	1,0 - 1,2	2,0 - 2,2
↑ > 2 m/s	> 2,2	

Dibuat oleh :

FRISTAMA ABRIANTO
 3512100018

Dosen Pembimbing :

LALU MUHAMAD JAELANI, ST., M.Sc., Ph.D.

Peta ini dibuat untuk kepentingan akademis

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Data *In-situ* Perairan Tenggara Sumenep
- Lampiran 2 : Data Pemodelan Arus dan Angin BMKG Bulan
Januari-April 2016
- Lampiran 3 : Peta Estimasi Sebaran Angin dan Arus

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi hasil pengukuran arus laut menggunakan data SAR Sentinel-1, data BMKG, dan data *in-situ* dengan studi kasus : Perairan Tenggara sumenep menghasilkan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari proses penelitian ini adalah:

- a. Hasil ekstraksi fitur dari data citra Sentinel-1 didapatkan hasil rata-rata angin pada 4 Februari 2016 sebesar 1,44 m/s dengan arah menuju $292^{\circ}40'12''$; 16 April 2016 sebesar 0,99 m/s dengan arah menuju $265^{\circ}16'12''$; dan 25 April 2016 sebesar 3,76 m/s dengan arah menuju $264^{\circ}25'12''$. Hasil pemodelan arus pada data citra Sentinel-1 tanggal 4 Februari 2016 memiliki kecepatan rata-rata 0,18 m/s dan arah $198^{\circ}36'0''$; tanggal 16 April 2016 memiliki kecepatan rata-rata 0,08 m/s dengan arah $132^{\circ}22'47,9''$; tanggal 25 April 2016 memiliki rata-rata kecepatan 0,95 m/s dengan arah rata-rata $92^{\circ}3'36''$.
- b. Hasil perbandingan angin data *in-situ* dan data BMKG memiliki selisih pada kecepatan di titik 1 sebesar 3,98 m/s dan titik 4 sebesar 3,89 m/s. Hasil perbandingan angin data BMKG dan data Sentinel-1 memiliki selisih nilai terbesar pada kecepatan yaitu 3,01 m/s. Hasil dari perbandingan arus dari data *in-situ* dan data BMKG memiliki perbedaan terbesar pada arah arus sebesar $195^{\circ}45'0''$ pada lokasi pengamatan ke-4. Sementara hasil perbandingan angin dan arus pada data *in-situ* dan

data Sentinel-1 tidak dapat dilakukan, karena kedua data tidak memiliki persamaan pada waktu pengambilan data. Hal tersebut terjadi karena prediksi pada orbit satelit yang seharusnya melakukan perekaman data pada 22 April 2016 ternyata tidak melakukan perekaman data, sementara pengambilan data lapangan dilakukan tanggal 22 April 2016. Perbedaan yang besar pada Citra Sentinel-1 karena Citra Sentinel-1 perekaman tanggal 25 April 2016 merupakan citra *Single Polarization* (VV) yang berbeda dengan citra Sentinel-1 tanggal 4 Februari 2016 dan 16 April 2016. Perbedaan Arah pada pemodelan arus pada pengukuran *in-situ* dengan data BMKG dikarenakan pada saat pengukuran data *in-situ* dipengaruhi oleh arus pasang saat bulan purnama sehingga menyebabkan kapal ikut terbawa arus.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini dan pengembangan energi gelombang laut antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Mengingat pentingnya pemodelan estimasi angin dan arus laut, maka penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan pengambilan data *in-situ* dengan periode yang lebih lama dan akurasi temporal pengambilan data tiap jam sehingga data lebih akurat. Pengambilan data dapat dilakukan dengan menggunakan *acoustic doppler current profiler*.
- b. Diperlukan pengamatan menggunakan citra satelit yang tidak hanya 1 bulan atau satu *scene* saja, tetapi mencakup satu tahun untuk mendapatkan nilai potensi yang kontinu dan mengetahui efek dari iklim dan cuaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, Baba, dan Wiradisastra U.S. 2000. *Sistem Informasi Geografi; Sarana Manajemen Sumberdaya*. Bogor: Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB.
- Cutrona, L.J. 1980. "Synthetic Aperture Radar." Pada *Radar Handbook*, 21.1-21.23. New York: Mc Graw Hill Press.
- Dean, Robert G, dan Robert A Dalrymple. 1984. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Singapore: World Scientific.
- European Space Agency (ESA). 2015. *Sentinel-1 : Oceans and ice*. Diakses : 19 Desember 2015. URL : http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Oceans_and_ice.
- . 2013. *Sentinel-1 User Handbook*. Sentinel-1 Team.
- . 2015. *SNAP*. Diakses : 25 Desember 2015. URL : <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>.
- Gross, M. G. 1990. *Oceanography : A View of Earth*. New Jersey: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff.
- Hutabarat, S., dan Stewart M. Evans. 1986. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Djambatan.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2013. *Keanekaragaman Hayati Laut Indonesia Terbesar di Dunia*. Diakses : 28 Agustus 2015. URL : <http://kkp.go.id>.
- Lewis, A., S. Estefen, J. Huckerby, W. Musial, T. Pontes, J. Torres-Martinez. 2011. "Ocean Energy." Pada *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, oleh R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow O. Edenhofer, 497-534. Cambridge: Cambridge University Press.

- Lubis, Subaktian. 2008. *Pembangkit Listrik Tenaga Arus laut Bagi Desa Pesisir Tertinggal*. Diakses : 20 Desember 2015. URL : <http://www.esdm.go.id/berita/323-energi-baru-dan-terbarukan/4310-pembangkit-listrik-tenaga-arus-laut-bagi-desa-pesisir-tertinggal-second-opinion.html>.
- McCandless Jr, Samuel W, dan Christopher R Jackson. 2004. "Principles of Synthetic Aperture Radar." Pada *SAR Marine User's Manual*, oleh Christopher R Jackson dan John R Apel, 1-23. Washington DC: United states Department of Commerce.
- Nadzir, Zulfikar Adlan, Lalu Muhamad Jaelani, dan Albertus Sulaiman. 2015. "Estimasi Tinggi Gelombang Laut Menggunakan Citra Satelit Alos-Palsar." *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. XX no. XX.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2004. *Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual*. Washington DC: U.S Department of Commerce.
- Nontji. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Open University Team. 1989. *Ocean Circulation*. Pergamon Press.
- Pötter, Lea. 2014. *Sentinel 1-A Menatap Bumi*. Mei 12. Diakses : 19 Desember 2015. URL : <http://www.dw.com/id/sentinel-1-a-menatap-bumi/g-17629624>.
- Rohman, Irwan Abdul. 2012. *Pemetaan Gelombang Laut dengan Metode Pemodelan Numerik dan Pemanfaatannya Untuk Mengidentifikasi Kerentanan Wilayah Pesisir terhadap Abrasi (Wilayah Studi: Kabupaten dan Kota Cirebon)*. Bachelor Thesis, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sarhan, T., J. G. Lafuente, M. Vargas, J. M. Vargas, dan F. Plaza. 1999. "Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea." *Journal of Marine Systems* 23: 317-331.
- Sulaiman, A, dan I Soehardi. 2008. *Pendahuluan Geomorfologi Pantai Kuantitatif*. Edisi ke-1. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Wikipedia. 2015. *Indonesia*. Desember 24. Diakses pada : 25 Desember 2015. <https://id.wikipedia.org/wiki/Indonesia>.



BIODATA PENULIS

Penulis lahir di kota Magetan, 22 tahun yang lalu (05/10/1993) dan merupakan anak sulung dari 2 bersaudara. Pendidikan formal penulis ditempuh di TK Dharma Wanita Bandar Magetan, SDN 2 Bandar Magetan, SMPN 1 Magetan dan SMAN 1 Magetan. Pada tahun 2012 setelah menyelesaikan SMA penulis melanjutkan studi S1 dan diterima di Teknik Geomatika FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN Undangan dengan NRP 3512100018. Selama menempuh sarjana penulis juga aktif di beberapa organisasi mahasiswa dan sosial diantaranya di HIMAGE-ITS sebagai Kepala Departemen Minat dan Bakat. Penulis juga cukup aktif berpartisipasi dan mengembangkan beberapa kompetisi dan konferensi ilmiah baik nasional maupun internasional, diantaranya Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang didanai DIKTI pada tahun 2013 dan tahun 2016. Sedangkan dalam berbagai seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi beberapa kali ditunjuk sebagai panitia. Dalam bidang akademik, penulis masuk dalam Laboratorium Geospasial bidang *Water Remote Sensing*. Dalam bidang non-akademik, penulis pernah menjadi tim futsal Teknik Geomatika dan menjadi juara-1 pada Kompetisi Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia tahun 2013 di Semarang dan juara-2 pada Tahun 2014 di Malang. Kontak penulis adalah fristama.abrianto@gmail.com.